



PROJECT NIPPLEWEAVING

MAIJA JÄRVINIEMI 2015

KANDIDAATIN OPINNÄYTE
2015

TEKSTIILITAITEEN KOULUTUSOHJELMA
MUOTOILUN LAITOS
AALTO ARTS

OPINNÄYTEOHJAAJA: MAIJA FAGERLUND

Tekijä Maija Järviniemi

Työn nimi Project Nippleweaving

Laitos Muotoilun laitos

Koulutusohjelma Tekstiilitaiteen koulutusohjelma

Vuosi 2015

Sivumäärä 49+8

Kieli Suomi

Tiivistelmä

3d body-mapping on termi, jolla viitataan kehon kokonaisvaltaiseen skannaamiseen. Se linkittyy vahvasti yksilöllistämiseen ja made to measure-käsitteeseen, joka nähdään tulevaisuuden vaateteollisuuden kulmakivenä. Urheiluvaateteollisuudessa kehon kartoitusta on hyödynnetty ajatustasolla keräämällä informaatiota urheilijoiden fysiikasta, kuten hien erityksestä ja liikkuvuudesta. Tämän aineiston pohjalta pyritään luomaan fyysistä suoritusta parantavia sekä kehoon paremmin istuvia vaatekappaleita. Istuvuuden ehtona on saumattomuuden käsite. Saumattomalla rakenteella pystytään luomaan kolmiulotteisia valmiiksi istuvia kappaleita. Saumattomuuden etuina on kappaleen fyysisen painon sekä ylijäämämateriaalin väheneminen.

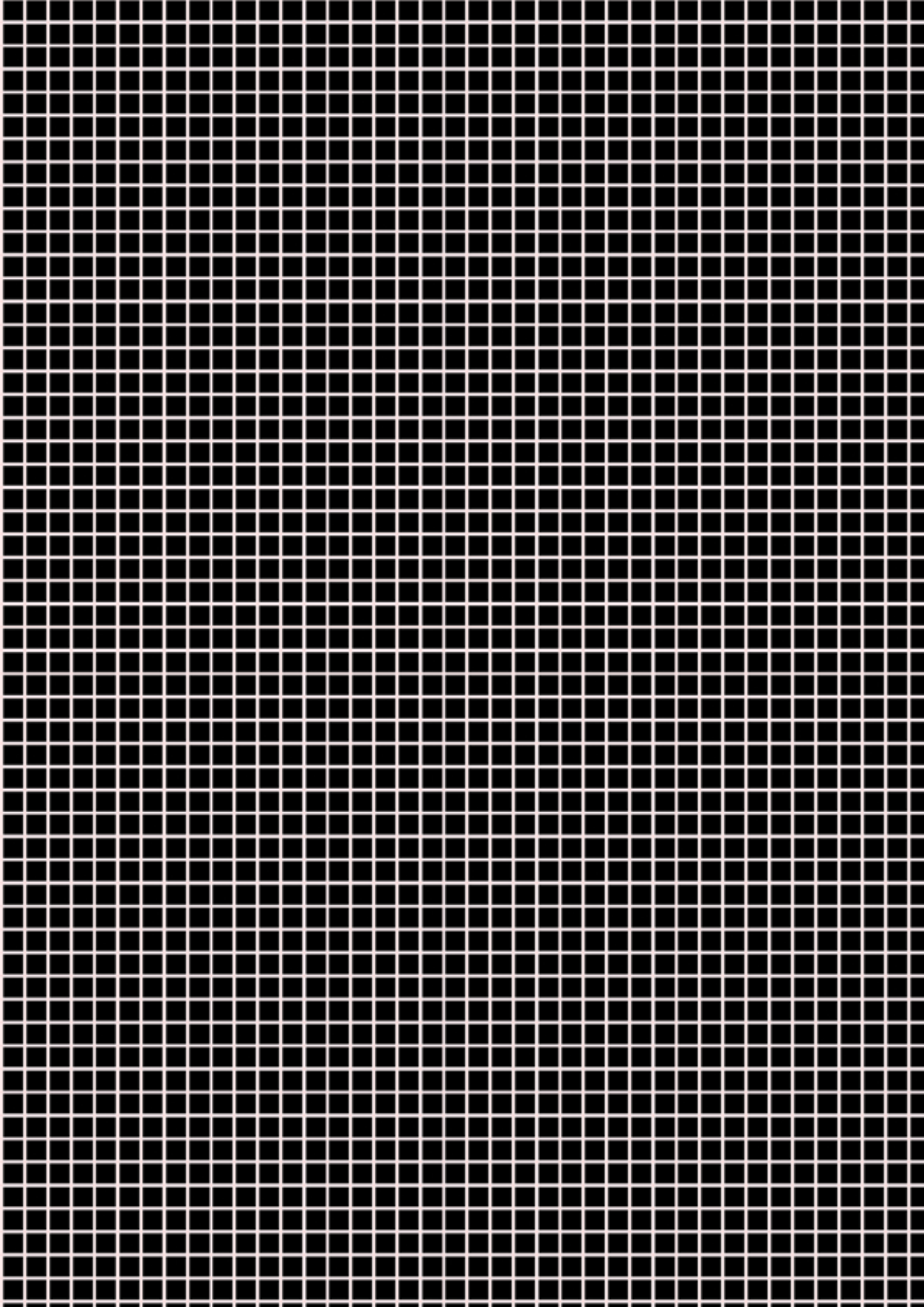
Tämä opinnäyte keskittyy tutkimaan sitä, miten saumatonta ja kolmiulotteista pintaa pystyttäisiin kutomaan kaksilankajärjestelmän keinoin. Body-mapping ohjaa työskentelyä myös taiteellisessa työskentelyssä: Millaisia ihmiskehosta löytyviä rakenteita pystyttäisiin hyödyntämään kudotussa pinnassa? Saumattomuus ja kolmiulotteisuus käsitetään kankaana, joka kudontalaitteesta ulos tultuaan ei vaadi enää voimakkaita mekaanisia jälkikäsittelyjä. Pääpaino produktiossa on jacquard-kudonnan tarjoamissa mahdollisuuksissa.

Tutkimuksesta käy ilmi, että rakenteellisuus on alisteinen materiaalien käytölle. Jäykkien sekä pehmeiden materiaalien yhdistäminen voimakkaasti loimea kuluttaviin sekä päinvastaisesti löyhiin sidoksiin luo voimakkaasti kolmiulotteisen efektin. Itsessään kolmiulotteisen sidoksen hyödyntämistä teollisesti tutkii yhteistyöhön suunniteltu vaatetuskangas, joka kudottiin Lapuan Kankureiden tehtaalla. Tämä malli paneutuu päällekkäisten vohvelirakenteiden sekä kerroksellisuuden tutkimiseen ja niiden luomiin mahdollisuuksiin luoda uudenlaista kolmiulotteista pintaa teollisesti. Opinnäytetyön lopullisena tuloksena on kolme saumattomuutta tutkivaa mallia, jotka kulkevat yhteisnimellä Project Nippleweaving.

Avainsanat 3d body-mapping, saumattomuus, kudottu kolmiulotteisuus, jacquard

SISÄLLYS

I	JOHDANTO	5
II	3D BODY-MAPPING	7
III	PROJECT NIPPLEWEAVING	8
	3.1 Body-mapping – Kehollisuus inspiraationa rakenteelle	9
	3.2 Saumattomuus	12
	3.2.1 Neule vs. kudonta	12
	3.2.2 Kolmiulotteisuus teollisessa kudonnassa	13
	3.2.3 Saumattomuus jacquardina kaksilankajärjestelmällä	13
	3.3 Teoriasta kudontaan	17
	3.3.1 Vohvelia ja palttinaa – Ensimmäiset näytteet	17
	3.3.2 Siimakummut	20
	3.3.3 Tuplavohveli	22
IV	LOPULLISET NÄYTTEET	24
	4.1 Yhteistyöprojekti - Tuplavohvelia teollisesti	25
	4.1.1 The grid – Ristikko visuaalisena tekijänä	25
	4.1.2 Materiaalitutkimusta	25
	4.1.3 From mint to pink	27
	4.1.4 Viime hetken ongelmia ja valmiit kankaat	28
	4.2 Jään alla	30
	4.2.1 Ongelmana väri	30
	4.2.2 Nurja oikeaksi	31
	4.3 Optinen illuusio kerroksellisuudella	33
	MAIDEN'S DELIGHT	34
	SILICONE VALLEY	38
	TEENAGE HIDE	42
	MINT GRID (yhteistyökangas)	46
V	IN THE END	50
	5.1 Loputon suo tulevaisuudessa?	51
	LÄHTEET	52
	LIITTEET: sidostiedot	54



JOHDANTO

Olet ystäväsi kanssa brunssilla, kun väittelyn aiheeksi tulevat ruokailutavat. Kaivat älypuhelimestasi sovelluksen, johon olet aiemmin jo luonut avattaren omaa kehoasi skannaamalla. Syötät sovellukseen päivittäiset rutiinisi ja ruokailutottumuksesi sen luodessa simulaation vartalosi muutoksista. "Mitä! Tältäkö reiteni tulevat näyttämään kahden vuoden kuluttua?" Kotona laitat päälle televisiosi yhteydessä olevan kameran, joka skannaa alaruumiisi piste pisteeltä. Aika tilata uudet farkut! Ruudulle ilmestyy tarkaan piirretty kuva vartalostasi ja lista eri housuvalmistajista. Kaukosäätimen avulla kokeilet avatar-hahmosi päälle sujuvasti eri farkkumalleja ja sopivien löydyttyä tilaat ne verkon kautta.

Edellämainittu on mahdollinen tulevaisuuden skenaario, johon liittyy 3d-skannauksen saapuminen lähemmäs kuluttajan arkielämää. Ilmiössä on kyse laajemmasta kehon kartoittamiseen ja yksilöllistämiseen liittyvästä *body-mapping*-termistä. Body-mappingia ja *kehon kartoittamiseen* liittyvää ajattelutapaa hyödyntävät jo esimerkiksi urheiluvaatevalmistajat, jotka osana suunnittelutyötä keräävät dataa ihmisruumiin toiminnoista, kuten vaikkapa hikoilusta, verenkierrosta ja liikkuvuudesta. Näin pyritään luomaan yhä paremmin istuvia ja suoritusta parantavia tuotteita tulevaisuuden kuluttajalle.

Miten tämänkaltaisia sovelluksia sitten tehdään? Neuleella on perinteisesti ollut mahdollista luoda saumattomia, vartalon linjoja seuraavia kolmiulotteisia muotoja. Etuna saumattomuudelle on sen luoma keveys ja mahdollisesti parempi istuvuus. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan saumattomuuden ja kolmiulotteisen rakenteen muo-

dostamista kudonnan avulla. Kudontateollisuudesta löytyy omana osa-alueenaan 3d-kudonta, joka perustuu kolmannen lankajärjestelmän hyödyntämiseen. Tällaiset kankaat ovat usein hyvin paksuja, esimerkiksi lentokoneteollisuudessa käytettäviä sovelluksia. Tässä produktiossa paneudutaan kuitenkin siihen, miten kolmiulotteisia - saumattomia pintoja pystyttäisiin luomaan kaksilankajärjestelmällä enimmäkseen rakenteellisuuden kautta. Pääpainon opinnäytteessä saa *jacquard*-kudonta. Teollista aspektia projektiin tuo yhteistyöprojektina toteutettava *Lapuan Kankureilla* kudottava kangas, joka suunnitellaan tutkimuskysymykseen nojaten.

Olenaisena osana opinnäytettäni on myös *body-mapping*-käsitteen ymmärtäminen taiteellisesta perspektiivistä itse rakenteelle. Millaisia ihmiskehosta löytyviä rakenteita ja muotoja pystyisi hyödyntämään kudonnassa? Miten kudotaan kehoollista rakennetta? Mitä *body-mapping* voisi olla esteettisesti? Tämä projektitutkielmassa kartoitetaan analyttisesti kudonnan mahdollisuuksia vasta vähän tutkitusta näkökulmasta. Nimeltään se tulee olemaan *Project Nippleweaving*.



Kuva 1.

3D BODY-MAPPING

3D body-mapping on termi, jolla tarkoitetaan kehon kokonaisvaltaista skannaamista. Kehon skannaus nähdään tulevaisuudessa arkipäiväisenä toimenpiteenä, joka ulottuu useiden eri toimialojen piiriin. Esimerkiksi Yhdysvaltojen Piilaaksosta ponnistava *Nettelo* markkinoi kehon skannausta elämäntapa-sovelluksen muodossa. *Applen* laitteisiin kehitetty mobiilisovellus luo 3d-mallin käyttäjänsä kehosta älypuhelimien kameralla otettujen kuvien perusteella. Sen on tarkoitus kertoa käyttäjälleen, miten keho tulee muuttumaan vuosien saatossa tiettyjen elintapojen seurauksena ja mahdollisesti kannustaa hyvien ruokailu- ja liikkumistapojen ylläpitämiseen. Nettelon kehittäjä **Yuri Kizimovich** mainitsee *Built in La* -internetsivuston artikkelissa *made to measure*-sektorin yhä suurenevana alueena. (Tveten 2015.) Perinteisesti termillä on tarkoitettu räätälöityjä tuotteita, kuten miesten pukuja. Nettelo-sovelluksen kohdalla Kizimovich olettaa vasti tarkoittaa kuitenkin suurempaa trendiä, jonka johdattelmana tulevaisuuden kuluttajalle pyritään luomaan yhä yksilöllisempiä palveluita.

Nimenomaan yksilöllisen räätälöinnin pohjalta ponnistaa *Bodometrics*-niminen yhtiö, joka tarjoaa kehon skannaamista vaateteollisuuden työkaluksi. Yhtiön kehittämällä skannerilla, joka kartoittaa kehoa 300 000 pisteen kautta, on mahdollista kaavoittaa yhä istuvampia vaatteita. Sen visioidaan löytyvän tulevaisuudessa lähes jokaisen kaduntallaajan olohuoneesta. Yhtiö puhuu oman olohuoneen muuttumisesta sovituskopiksi, jonka avulla niiden täydellisesti istuvien farkkujen löytäminen olisi mutkattomampaa. (Arthurs 2011; Internetvideo - Body Mapping from your TV 2013.)

Urheiluvaateteollisuudessa *body-mapping*-termiä käytetään kuvaamaan sitä tietoa, jonka pohjalta urheiluvaatevalmistajat pystyvät kehittämään suoritusta parantavia ja helpottavia tuotteita. Esimerkiksi *Nike* kerää monipuolisesti informaatiota muun muassa urheilijoiden liikkuvuudesta, hikoilusta ja sääolosuhteista ("Research Lab" NIKE Inc.). Sukkavalmistajana tunnettu *Falke* on kehitellyt neuleen muodossa juoksuasuja, jotka kompression avulla tukevat lihaksiston toimintaa, hengittävät ja parantavat liikkuvuutta jouston avulla (Cobb 2013).

PROJECT NIPPLEWEAVING

BODY-MAPPING - KEHOLLISUUS INSPIRAATIONA RAKENTEELLE

Opinnäytteessäni *body-mapping*-termi toimii pohjana itse tutkimuskysymykselle sekä taiteelliselle ilmaisulle. Miten kudotussa tekstiilissä pystyttäisiin luomaan kappaleita, jotka voisivat toimia esimerkiksi housuissa polvipussina tai paidassa rinnankaarena? Pystyykö kudottua pintaa käyttämään samanlaisena kartastona kuin 3D-mallinnusohjelmissa, joissa vektoripisteitä liikuttamalla x-, y- ja z-akseleilla muodostetaan kolmiulotteisia malleja? Mitä *body-mapping* on esteettisesti?

Yhdistän *ruumiinkartoitus*-käsitteen laajemmin kehon ja elävän ruumiin tutkailuun. Miten ihmiskeho voisi purkaa rakenteisiin, joita mukailemalla pystyttäisiin luomaan kudottua pintaa? Mitä kolmiulotteisuus ihmiskehossa ylipäättensä tarkoittaa? Lähtökohtana taiteelliselle työskentelylleni olen muodostanut muutamia käsitteitä ihmisruumiin kolmiulotteisuuden hahmottamiseksi. *Air-cushion*, ilmatyyny-ajatus, liittyy kehollisiin toimintoihin: Hengittävä keho, laajentuvat ja liikkeessä olevat keuhkot ja solut muodostavat ilmaa syleilevän koneiston. Tämä linkittyy vahvasti käsitteeseen *kerroksellisuudesta*, jonka ilmatyyny yhdessä verisuonien, elinten ja ihon kanssa muodostaa. Tähän oman osansa tuovat ihon paranemisesta ja suojautumisesta syntyneet kerrokset ja läpikuultavuus.

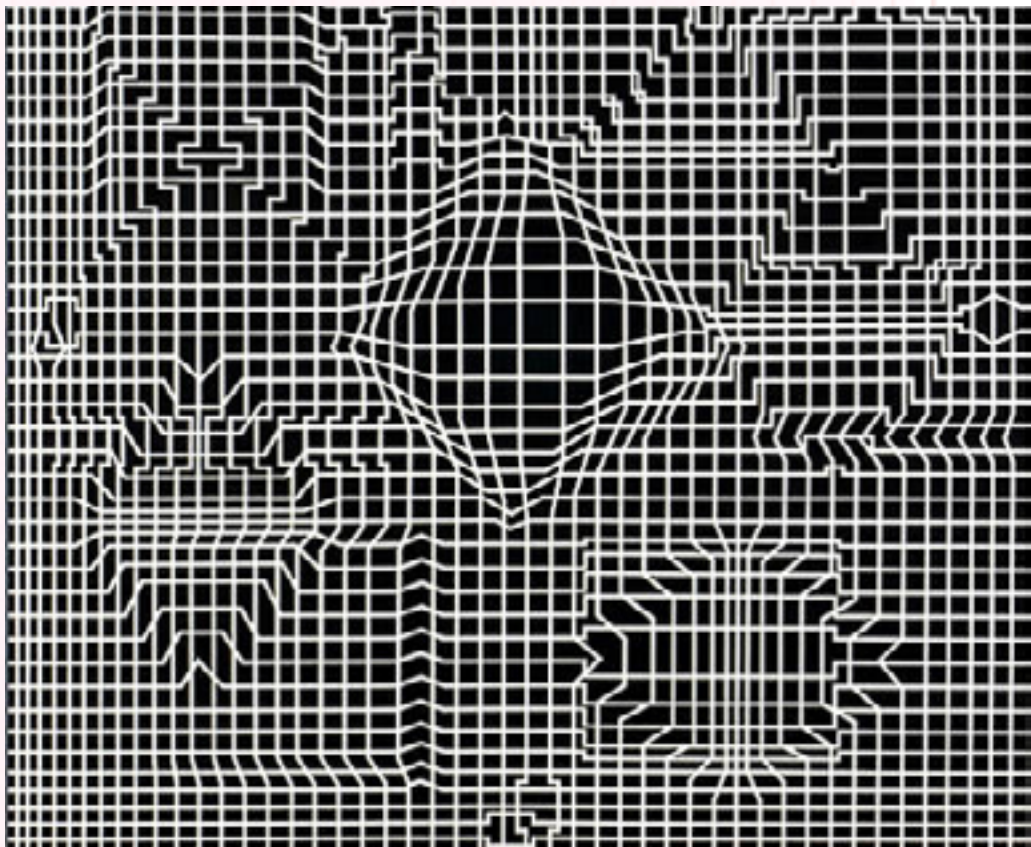
Tekniikkana tulen käyttämään *jacquard-kudontaa*. Sen avulla on mahdollista kohdentaa sidoksia tietyille alueille loimilankojen yksilöllisen säätelyn ansiosta. Näen jacquardissa potentiaalia laajentua uusille sovellusalueille, minkä vuoksi haluan myös kokeilla sen rajoja tämän projektin yhteydessä. Lopulliseen työhöni sisällytän kolme jac-

quard-tekniikalla kudottua näytettä teemaotsikolla *Project Nippleweaving*. Nimessä esiintyvä sana *nippleweaving* kokoa edellä mainitut ajatukset yhteen ruumiillisesta rakenteellisuudesta kudotussa pinnassa. *Nännikudonta*-sanan tarkoitus ei ole provosoida vaan toimia niin sanottuna yläkäsitteenä taiteellisesti innostavalle produktiolle. Nipple, nänni, edustaa ruumiissa kohtaa, joka itsessään on kolmiulotteisena toisen muodokkaan ruumiinosan päällä.

Väriteema kiteytyy yhteen värisävyyn, vaaleanpunaiseen. Vaikka se onkin luonnollinen seuraus ihmiskehon niin kutsutusta ominaisvärityksestä, koen vaaleanpunaisen olevan myös mielenkiintoinen väri muiden siihen yhdistettävien käsitteiden, kuten söpöyden, lapsellisuuden ja pinnallisuuden vuoksi. Tutkimukseen liittyy vahvasti funktionaalinen tekstiilisuunnittelu, josta kerrotaan enemmän luvuissa 1.2 ja 3.2. Vaikka en keskity näytteissäni nimenomaan funktionaalsiin ominaisuuksiin, kuten vaikka hengittävyteen tai UV-suojaimiseen, haluan pitää niihin liittyvän teknisen estetiikan mukana luomistyössäni.



A collage of various artworks by Robert Rauschenberg. The collage includes a red and black abstract piece, a purple and white grid pattern, a brick wall pattern, a red and white abstract piece, a black and white portrait, and a red and white abstract piece. The artworks are arranged in a non-linear fashion, with some overlapping others. The red and black abstract piece is at the top left. The purple and white grid pattern is at the top center. The brick wall pattern is at the top right. The red and white abstract piece is at the bottom left. The black and white portrait is at the bottom right. The red and white abstract piece is at the bottom center. The collage is set against a white background.



12

3.2 SAUMATTOMUUS

3.2.1 NEULE VS. KUDONTA

Tekstiiliteollisuudessa kolmiulotteisuuden luomiseen on käytetty useimmiten tekniikkana neuletta. Sen kyky muodostua kolmiulotteiseksi perustuu yhdellä langalla luotavaan rakenteeseen. Tietyn alueen pinta-alaa pystytään kasvattamaan lisäämällä siihen silmukoita ja jättämään sitä ympäröivät alueet niin kutsutusti lepäämään. Tämä tekniikka mahdollistaa saumattomat rakenteet, jotka esimerkiksi vaateteollisuudessa tarjoavat loputtomia vaihtoehtoja vaatteiden yksilölliseen kaavoittamiseen.

Ottaaksemme oppia edellä mainitusta voimme päätellä, että mikäli halutaan saavuttaa kolmiulotteisuutta, kohoavan alueen on kasvettava ympäröivää aluetta suuremmaksi. Kudonnassa tämä

tarkoittaa periaatteessa sitä, että loimen tulee kutoa kolmiulotteiseksi määrätyillä alueilla muita kohtia enemmän. Neuleessa tämä onnistuu, kuten jo yllämainittu, keskittämällä silmukat paikkakohteisesti. Kudonnassa kuitenkin yleisimmin käytössä olevissa kudontakoneissa sekä loimi että kude kulkevat tasaisesti läpi kankaan. Tämä tarkoittaa sitä, että muodostuvaa kangasta on materiaalisesti sama määrä kaikkialla, mutta sidosten tai materiaalien kautta sen on mahdollista laajentua tai mennä kasaan.

Avatakseni jo oppimiani tapoja luoda kolmiulotteisuutta kudotussa pinnassa listaan nämä tekniikat unohtaen yllä mainitun teorian:

1.	Materiaalieroilla:	<ul style="list-style-type: none">- paksulanka vs. ohutlanka- tiukkakierteinen vs. löyhäkierteinen vs. filamentti
2.	Rakenne-eroilla:	<ul style="list-style-type: none">- tiukkasidos vs. löyhäsidon, tässä huomio myös eri materiaallilinoilla (huomaa edellinen kohta)!- loimivaltaiset rakenteet enemmän koholla suhteessa kudevaltaisiin alueisiin (mikäli kude- ja loimilanka samanpaksuisia), johtuu yleensä loimen kireydestä
3.	Ontelorakenteella:	<ul style="list-style-type: none">- alakankaassa löysä sidon, yläkankaassa tiukka sidon, ympäröivä alue yhteensidottu- alakankaassa kutistuva/elastaaninen lanka, päällä kutistumaton lanka- täytelanka, liukuu vapaana sidoksena ylä- ja alakankaan välissä- yläkankaan kuormittaminen/pakkaaminen loimea enemmän kuluttavalla sidoksella, alakankaassa löysempi sidon, vähemmän rivejä
4.	Tietyt sidokset:	<ul style="list-style-type: none">- vohveli- pitsisidos

Viereisellä sivulla mainituista tekniikoista pääpaino on nimenomaan rakenne- ja sidoseroilla saavutettavissa muodoissa. Näille teorioille alisteisena tulevat materiaaleista johtuvat erot ja niiden yhdistely eri sidoksilla. Tässä projektissa käsitän saumattomuuden laajempaan kolmiulotteisuutta määrittelevänä käsitteenä. Miten kudotaan rakennetta, joka loimesta ulos tultuaan ei tarvitse enää erillistä mekaanista käsittelyvaihetta saavuttaakseen kolmiulotteisuuden? Mekaanisella käsittelyllä en kuitenkaan tarkoita normaaleita kankaan viimeistyiä, kuten kuidun värjäystä, höyrytystä tai kuivusrumpukäsittelyä.

3.2.2 KOLMIULOTTEISUUS TEOLLISESSA KUDONNASSA

Teollisuudessa kolmiulotteisella kudonnalla tarkoitetaan useimmiten kankaan muodostamista monilankajärjestelmällä totutun kaksilankajärjestelmän sijaan. Tämänlaiset kankaat saavat *kolmiulotteisuus*-määritelmän huomattavan paksuutensa vuoksi. Niitä kutsutaan usein kahden eri materiaalin yhdistämiseen viittaavalla *composite*-termillä. (Kaufmann 2012a, 2012b.)

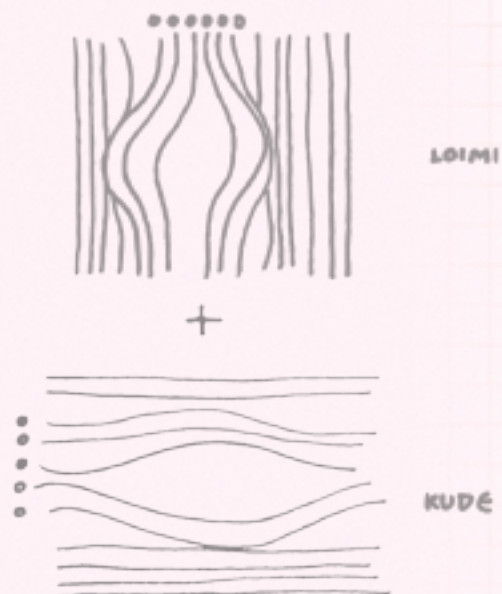
Tekniikoita ja luomistapoja näille monikerroksisilla kudonnaisille löytyy useampia. Esimerkkinä mainittakoon vapaasti suomennettuna *suorakulmainen kangas*¹, jossa vaakatasossa toimivan kuteen (x) ja kerroksellisesti pinotun loimen (y) lisäksi rakennetta muodostaa z -akselilla toimiva lanka. Tämä ylimääräinen vaakatasossa liikkuva z -lanka sitoo pystysuorien loimikerrosten väliin syötettävän täytelangan (kuteen) paikoilleen. Näitä kankaita kudotaan niille varta vasten kehitetyillä kudontakoneilla, jotka yleensä sisältävät jacquard-yksikön kuteiden ja loimen yksilöllistä ohjelmointia varten. Tyypillisesti kudotut komposiitit ovat laadultaan iskunkestäviä ja monipuolisesti muokattavissa käyttötarkoituksen mukaan. Näiden ominaisuuksien vuoksi niitä käytetään kovaa suoritusta vaativissa teknisissä sovelluksissa aina lentokoneteollisuudesta implantteihin ja luodinkestäviin materiaaleihin². (Bilisik 2011; Kaufmann 2012a, 2012b.)

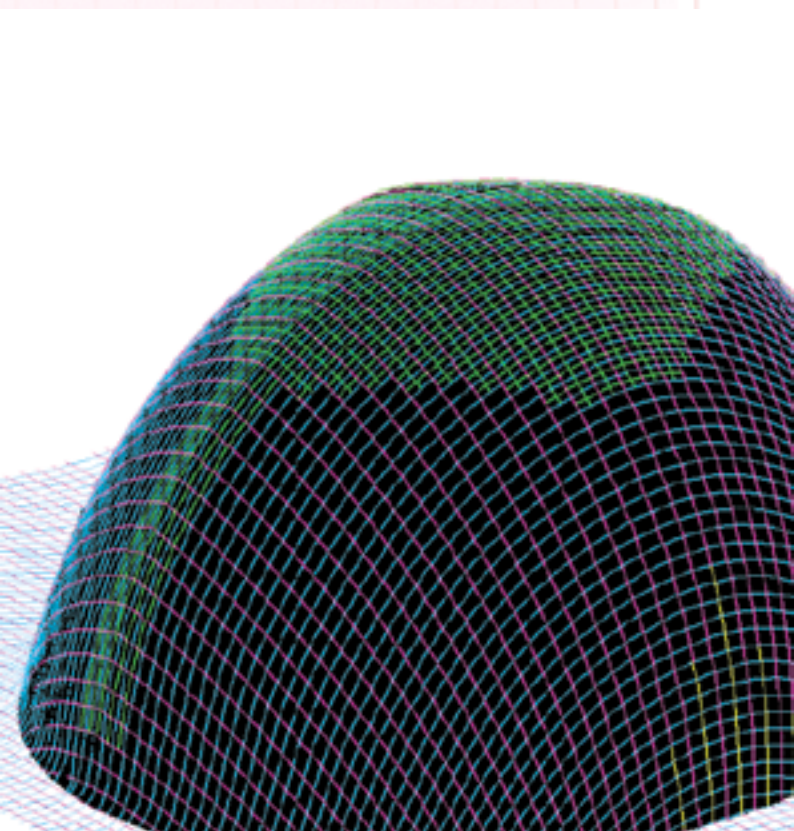
3.2.3 SAUMATTOMUUS JACQUARDINA KAKSILANKAJÄRJESTELMÄLLÄ

Opinnäytteessäni tutkittavana on kaksilankaisesti kudottava kolmiulotteinen jacquard. Maailmalta löytyy niukanlaisesti esimerkkejä tämänkaltaisesta kudonnasta, jossa pääpaino materiaalin kutistumisen tai huomattavien paksuuserojen sijaan on rakenteellisuuudessa. *Seamless weaving*-termin nojaava esimerkki löytyy kuitenkin Wuppertalista Saksasta *Shape 3 GmbH*-yritykseltä, joka on kehittänyt saumatonta kudontaa jacquardpuilla. Sen tekniikka perustuu yksittäisten loimi- ja kudelan kujen yksilölliseen säätelyyn: Kolmiulotteisuutta luodaan säätelemällä loimen kireyttä kohdissa, joiden halutaan kohoavan pinnasta. Näihin kohtiin syötetään ylimääräisiä kuteita, jotka ohjelmointivaiheessa simuloidaan 3D-mallintamisen avulla. Yritys kohdentaa kudonnaisensa samaan teolliseen *composite*-kategoriaan, joka koostuu edellisessä kappaleessa mainituista monilankajärjestelmällä kudotuista kappaleista. (Birghan 2006.)

¹ orthogonal fabric

² Artikkelissa viitataan composite-kudonnaisen käyttökohteina mm. jet engine components, ballistic armor panels, surgical implants.





Kuvat 6 ja 7: Saksalainen Shape 3 GmbH-yritys on kehittänyt 3d-mallintamiseen perustuvaa jacquardloimea, jolla voi kutoa esimerkiksi kypäriä.

Urheiluvaateteollisuudessa Nike on ottanut edelläkävijän aseman tekstiilien innovatiivisessa suunnittelussa. Neuleeseen palataksemme voidaan mainita suureen suosioon noussut *Fly Knit*-tekniikka, jonka Nike kehitti vuonna 2012 luodakseen entistä kevyemmän juoksukengän. Tekniikka perustui kengän neulomiseen suoraan muotoonsa niin, että sen takaosaan muodostui vain yksi lyhyt sauma. (Rhodes 2014.) Perinteisten tekniikoiden uudenlainen käyttö jatkui vuonna 2014, kun Nike esitteli saumattomasti jacquardina kudotun uuden *Air Jordan XX9*-koripallotossunsa. Kovassa paineessa käytettävä koripallotossu on perinteisesti kärsinyt suuresta painosta ja kömpelyydestä useiden yhteen ommeltujen paneelien kuormittamana. XX9-kengässä yhteen yksittäiseen kappaleeseen kudotut paneelit keventävät sen rakennetta huomattavasti³ parantaen pelaajan ponnistamista ja juoksunopeutta pelikentällä. Kengän kolmiulotteisuus ja *slim fit*-istuvuus on saavutettu monikerroksisilla ontelorakenteilla, joissa kuteen kireyk-

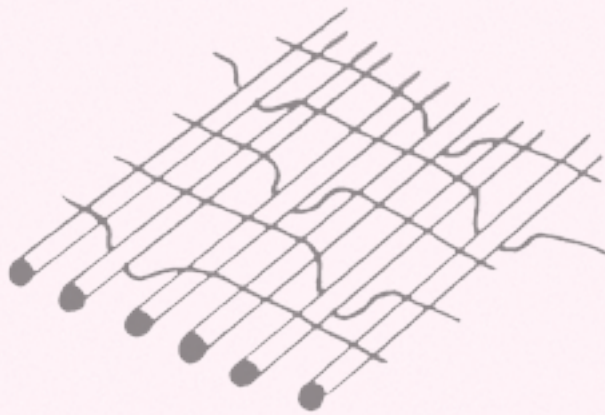
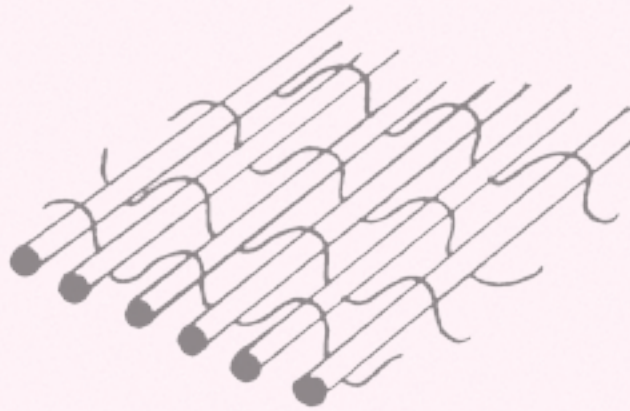
sien yksilöllisellä säätelyllä tiheässä loimessa on saavutettu erilaisia muotoja tukemaan jalan eri alueita (Stinson 2014.)

Etuna saumattomuudelle sekä saksalainen *Shape 3 GmbH* (Shape Weaving 2004) että Nike ("Sustainable Innovations" NIKE Inc.) mainitsevat jo edellä mainitun keveyden, sekä tästä luonnollisena jatkeena materiaalin käytön alenemisen. Teollisen tuotannon näkökulmasta katsoen tuotantokustannuksia ja luonnonvaroja säästyy, mutta myös aikaa tuottamiseen kuluu vähemmän useiden työvaiheiden jäädessä pois. Esimerkiksi *Air Jordan XX9*-kengän prototyypin väitetään syntyneen luonnoksesta valmiiksi kudotuksi malliksi vain tunneissa, kun aiemmin siihen kului useita päiviä (Stinson 2014).

³ Air Jordan XX9 on Wired-lehden artikkelin mukaan kahdeksan prosenttia edeltäjäänsä XX8-mallia kevyempi.



Kuva 7 ja 8: Nike kehitti vuonna 2012 uuden Fly Knit-tekniikan, jolla on mahdollista neuloa käytännössä saumaton ja huomattavasti kevyempi juoksutossu (kuva yllä). Jatkoa Fly Knit-kengälle on jacquard-tekniikalla kudottu saumaton XX9-koripallotossu, jonka etupaneeli koostuu vain yhdestä palasta.



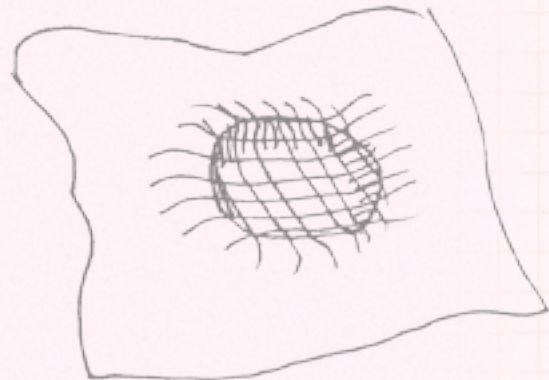
Palttinassa (kuva yllä) kudelanka (vaakatasossa) kulkee joka toisen loimilangan yli. Satiinissa (kuva alla) kudelanka risteää harvemman loimilangan kanssa.

3.3 TEORIASTA KUDONTAAN

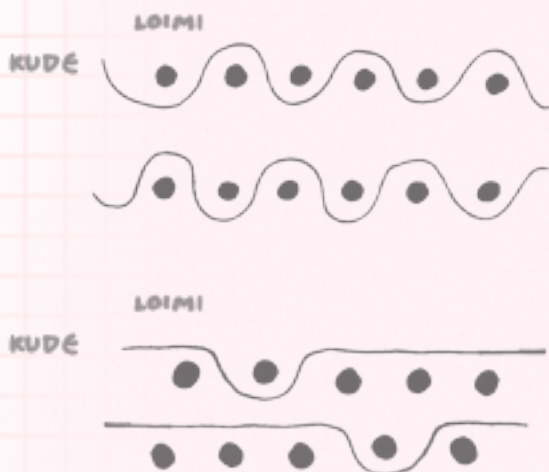
3.3.1 VOHVELIA JA PALTTINAA - ENSIMMÄISET NÄYTTEET

Koska tämä projekti keskittyy kolmiulotteisuuden luomiseen rakenteiden kautta, oli helpointa lähteä tutkimaan alueen kasvattamista sidospin kautta. Loimen tulisi siis kutoa enemmän kudetta alueella, jonka haluttaisiin kasvavan suuremmaksi. Yksinkertaisimmillaan tämän tulisi siis tapahtua kutomalla *palttinaa* tiettyyn kohtaan, jota ympäröi löyhempi sidos, esimerkiksi 8-vartinen satiini. *Palttina* tarkoittaa sidosta, jossa kude kulkee vuorotellen joka toisen loimilangan yli tai ali muodostaen kaikkein tiiviimmän, loimea kuluttavan sidoksen. *Satiinissa* kude sitoutuu esimerkiksi vain joka viidenteen loimilankaan (tällöin puhutaan 5-vartisesta satiinista) muodostaen palttinaa reilusti vapaamman rakenteen. Sidoksen mallikerran kasvaessa myös lankajuoksut joko kuteen tai loimen suunnassa pitenevät, jolloin kankaan rakennekin löyhenee entisestään. Loimen ja kuteen

lankajuoksuja yhdistelemällä voidaan muodostaa visuaalisesti ja rakenteellisesti näyttäviä sidoksia, kuten *vohvelia*.

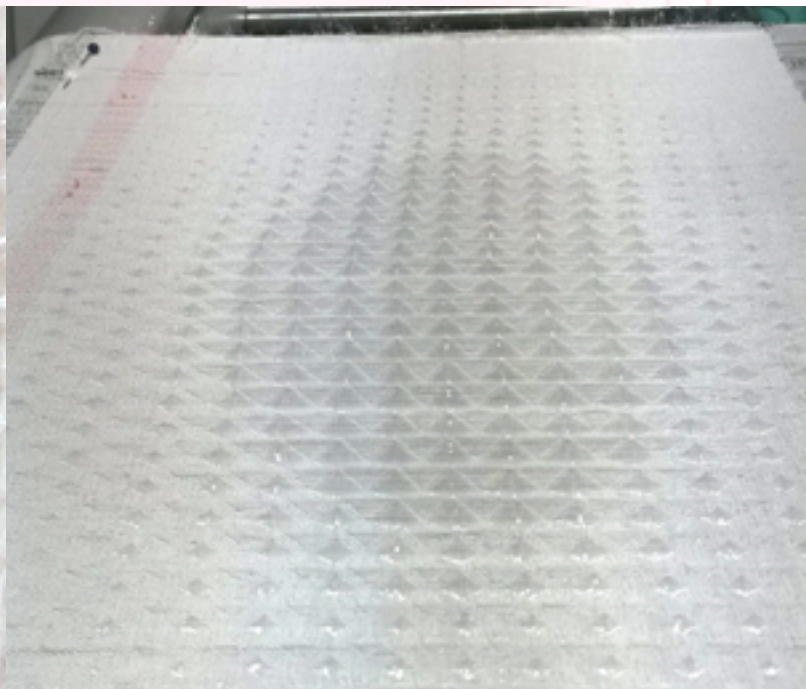


Onko vohveli rakenteena niin voimakas, että paikkakohtaisesti sijoitettuna mallin keskelle, se muodostaisi sitä ympäröivän tiukkasidoksisen alueen laskoksille?



Ylempi sidos on läpileikkaus palttinasadoksen rakenteesta. Alla 5-vartinen satiini.

Toiseksi lähestymistavaksi valitsinkin vohvelirakenteen tutkimisen. *Vohveli* on rakenteena vuorotellen äärimmäisen kude- ja äärimmäisen loimivaltainen, mikä mahdollistaa kudotun pinnan kasaan menemisen sekä loimen että kuteen suunnassa. Tämän seurauksena syntyy kennomainen rakenne, joka oikeilla kuohkeilla ja joustavilla materiaaleilla, luo pehmeän ja paksun kolmiulotteisen pinnan (Alderman 2004: 83). Halusin tietää, miten vohveli käyttäytyisi paikkakohtaisesti suhteessa muihin, esimerkiksi palttinalla kudottuihin alueisiin. Vetäisikö vohveli kankaan kasaan niin, että muille, kuin vohvelialueille syntyisi kolmiulotteisuutta esimerkiksi laskosten tai kumpujen muodossa?



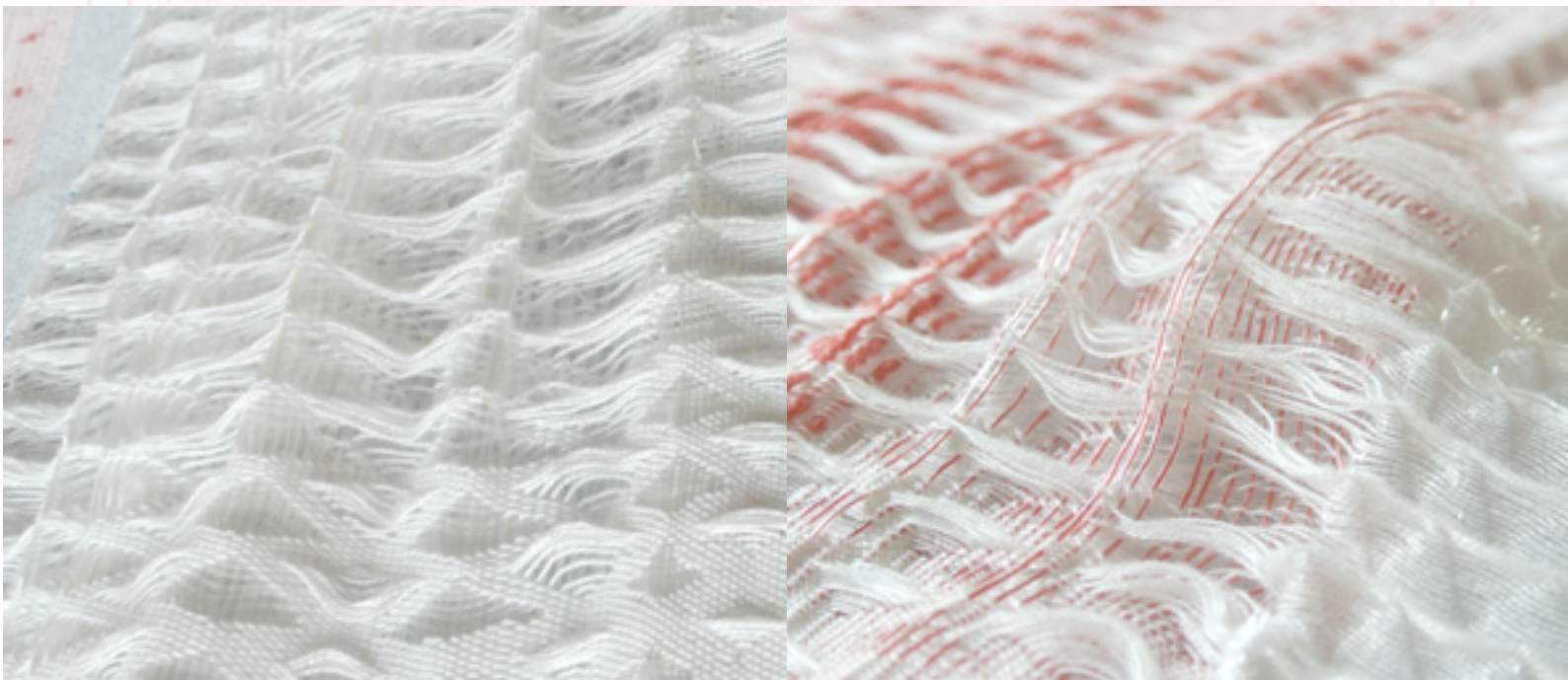
Yksinkertaisena sidoksena kudottu 8-vartinen vohveli muodostaa kauniin läpikuultavan pinnan kudottaessa ohuella ja litteällä polyamidikuteella.

Kudonnanstudioissa on käytössä kaksi tc-merkkistä jacquard-kudontalaitetta, joista tc-1 on kapeampi ja tiheydeltään 24 L/cm. Tc-2-laite on leveydeltään 110 cm ja tiheydeltään 30 L/cm. Kummasakin näytteessä lähdin liikkeelle ympyrästä ja yhdessä kerroksessa kudottavasta kankaasta tc-1:llä. Palttinanäytteessä kankaan keskellä kudotaisiin palttinaa ja taustassa löyhempää 8-vartista sidosta. Vohvelinäytteessä pallo oli tehty gradientinomaisesti niin, että 8-vartinen satiini muuttuu vähitellen palttinaksi sidospisteiden alueita kasvattamalla. Palttinanäytteessä pyrin syöttämään kudetta enemmän kolmiulotteisuuden saavuttamiseksi kappaleen *3.2.3 Saumattomuus jacquardina kaksilankajärjestelmällä* perusteella.

Palttinakokeilu osoittautui kuitenkin epäonnistuneeksi, sillä eri materiaalikokeiluista huolimatta kudottu pinta tuli ulos loimesta litteänä ilman aiettakaan kohota kuplaksi tai muuksi kolmiulotteiseksi muodoksi. Vohveli sen sijaan osoittautui monipuoliseksi sidokseksi eri materiaalikokeiluilla. Ensimmäiseksi tehty 8-vartinen vohveli hyvin ohuella kierteettömällä ja litteällä, muovimaisesta polyamidipalasta leikatulla kuteella muodosti voh-

velin kauniisti. Tästä eteenpäin käytän tästä kuteesta nimitystä litteä kude. Tällä litteällä kuteella luotu vohveli muodosti yllättäen myös hyvin läpikuultavan pinnan alueilla, joissa vohveli oli äärimillään ennen gradient-alueita. Näytteessä, joka tutki 16-vartisen, eli suuremman vohvelin muodostumista, syntyi leveämmällä litteällä kuteella vielä voimakkaampi kenno.

Aikaisempien opintojeni myötä olin oppinut, että jäykät filamenttimaiset kuteet muodostavat voimakkaamman muotoefektin verrattuna pehmeisiin kierrettyihin kuteisiin. Tästä syystä päätin kokeilla myös kimmoisana esiintyvän siiman ja sen kaltaisen paksun polyamidikuteen käyttäytymistä vohvelissa. Suureksi yllätykseksi nämä kuteet muodostivat suurimmalle vohvelialueelle pallon, joka kohosi muusta alueesta voimakkaasti. Tapahtui siis juuri päinvastoin, kuin teoriassani palttinasta ja löyhemmästä sidosalueesta: Löyhä sidosalue muodostui kolmiulotteiseksi, kun taas palttinassa kude pysyi matalana. Toisin sanoen, mitä jäykempi, kimmoisampi sekä paksumpi kude, sitä voimakkaampi efekti.



Vohvelisidos muodostuu sitä voimakkaampana, mitä suurempi varsimäärä sillä on käytössään. Filamentikuteella muodotettu 16-vartinen vohveli (kuva vas.) käyttäytyy päinvastaisesti kuin litteällä kuteella kudottu vohveli. Se kohoaa kolmiulotteisena vapautuessaan ympäröivän alueen tiukasta palttinasta.

Siiman ja vohvelin yhteisvaikutuksesta viisastuneena tein johtopäätöksen. Muodostuakseen kolmiulotteiseksi kankaaksi yksikerroksisena rakenteena, siima voisi myös kutoa millä tahansa muulla löyhällä sidoksella, joka rinnastettaisiin johonkin tiukkaan sidokseen. Tein jälleen kokeilun gradient-pallolla, jossa keskellä siima kutoi 32-vartista satiinia, ja uloimmassa reunassa palttinaa. Kolmiulotteista efektiä ei kuitenkaan syntynyt vaan pinta pysyi litteänä. Oliko syynä aiemmalle onnistumiselle siis vohvelin rakenne, jossa sidospisteet ovat jakautuneet ristitoimikkaan kaltaisesti? Jakautuiko vapaaksi päässeän siiman jännite tasaisemmin vohvelissa kuin muissa löyhissä sidoksissa?



Poikkileikkaus filamentikuteella kudotusta vohvelista (vas.), jossa siima vapautuessaan kohoaa. Kuohkealla kuteella kudotussa vohvelissa kude kiristyy ja pysyy litteänä (oik).



Voimakkain kumpuefekti syntyy, kun siima vaihtaa ontelokohdan ja yhteensidotun alueen rajakohdassa alakankaasta yläkankaaksi.

3.3.2 SIIMAKUMMUT

Litteillä polyamidikuteilla kudotuista vohvelinäytteistä innostuneina halusin kokeilla, miten vohveli toimisi pintarakenteena itse kolmiulotteiselle muodolle. Toisin sanoen, olisiko mahdollista muodostaa vohveli kohoavan rakenteen päälle tai niin, että vohveli olisi litteissä osissa, ja vähitellen (kuten gradient-palloissa) muuttuisi toiseksi sidokseksi ja kohoaisi? Hain ratkaisua yhdistämällä tulokset siiman ja vohvelin käyttäytymisestä sekä kauniisti litteällä kuteella muodostuvasta 8-vartisesta vohvelista.

Tein tc-2:lla näytteen, jossa noin 10 cm leveiden pallojen kohdalla pyrkimyksenä oli muodostaa kaunis vohveli ja niiden ympärille siiman avulla kohoavat osat. Jotta vohveli muodostuisi parhaalla mahdollisella tavalla, oli keksittävä keino, jolla siima ei häiritsisi vohvelin syntymistä vohvelikohdissa. Kehitin ontelorakenteen, jossa yläkangas kutoo vohvelia, ja alakangas mahdollisimman tiukkaa sidosta minimoiden siiman kohoamisen⁴. Taustakohdissa siima ja litteä kude kutoivat sileää pintaa kaksikudejärjestelmällä.

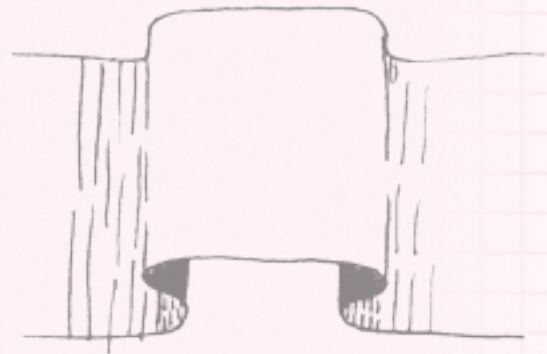
Tämä yhdistelmä toden totta muodosti hyvin voimakkaan kolmiulotteisuuden *kumpuefektin*, mutta hieman eri tavalla kuin olin ajatellut. Vohveli ei käyttäytynyt samalla tavalla kuin aiemmassa näytteessäni, vaan toimikin tässä tapauksessa kiireämpänä kuteena, joka veti alle muodostuneen siimalla kudotun palttina- ja pitsisidoksen koholle. Tässä tapauksessa luvussa 3.2.1 *Neule vs. kudonta* mainittu teoria kolmiulotteisuuden syntymisestä ontelona tiukan ja löyhemmän sidoksen (tässä tapauksessa vohveli) vaikutuksesta piti paikkaansa. Siiman kimmoisuudesta johtuen tausta-alueet kohosivat kumpuina sen vapautuessa hieman löyhempänä sidoksena. Vaikka ajatus kauniisti syntyvästä vohvelista yhdistettynä siiman kykyyn muodostua kohoavaksi rakenteeksi ei toiminutkaan, kolmiulotteisuus rakenteellisuuden myötä näytti olevan toteutettavissa. Voimakkain efekti syntyi siiman vaihtaessa loimijärjestelmää:

⁴ Kudesuhde on 2:1 = kaksi ohutta litteää kudetta ja yksi siimakude. Litteä kude kutoo rakenteet korkeussuunnassa kaksinkertaisena.

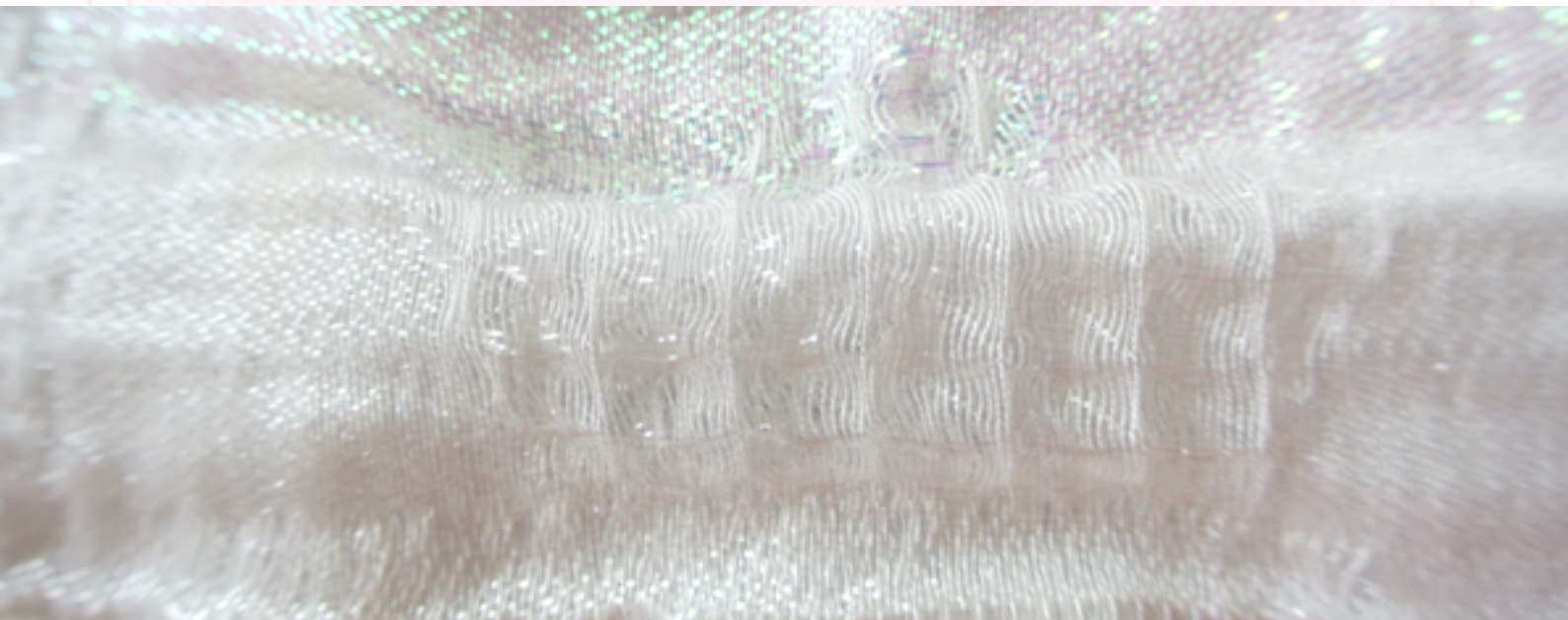


Ontelossa alakankaaseen muodostuu pitsisidoksinen siimakupla, kun yläkankaan kude kiristyy vohvelin ansiosta.

Kummut kohosivat eniten, kun vohvelikohdissa siima kutoi alakangasta ja tausta-alueilla nousi yläkankaan pinnalle yhteensidotuksi rakenteeksi. Tässä sidoksessa oli merkille pantavaa myös sen muodostama visuaalinen ilme, jossa 18-vartisena toimikkaana kudottu siima muodosti jäätä muistuttavan sileän ja optisen pinnan alla olevan sidoksen päälle.



*Yhdistelemällä ontelolla saavutettavaa kuplaefektiä (kuva vas.) yhteensidottuihin alueisiin, on mahdollista luoda ko-
hoavia alueita (kuva yllä). Tämä vaatii jäykkää filamenttikuteen käyttöä yhdessä taipuisamman kuteen kanssa. Voisiko näitä alueita hyödyntää esim. suunnitelmassa saumattomia sovelluksia?*



Ontelorakenteessa yläkankaan vohveli kohoaa muusta pinnasta alakankaan suuremman vohvelin vetäessä sitä kasaan. Portaittainen reuna muodostuu parhaiten vaakatasossa.

3.3.3 TUPLAVOHVELI

Koska litteillä kuteilla yksinkertaisena kudotut vohvelirakenteet toimivat jo itsessään kolmiulotteisina rakenteina, lähdin kehittämään ajatusta niiden kerrostamisesta. Vohveli on itsessään jokseenkin suorakulmainen rakenne, ja erityisesti litteillä kuteilla tehdyt näytteet menivät voimakkaasti kasaan vaakatasossa. Minua kiinnosti se, oliko mahdollista muodostaa selkeästi portaittain kohoavia kerroksia, joissa reunat olisivat mahdollisimman terävät.

Aikaisempien näytteiden perusteella vohvelin varien määrää kasvattamalla myös syvyys efekti kasvaa. Tämän pohjalta loin teorian, jonka perusteella alakankaan kutoessa suurta ja enemmän kasaan menevää vohvelia, sen olisi mahdollista kohottaa yläkankaassa kudottavaa pienempää vohvelia. Näin pystyttäisiin luomaan edellisessä luvussa visioimani kohoava vohvelipinta ja mahdollisesti muodostamaan teräviä taitoksia vaakatasossa.

Kudoin tc-2-laitteella näytteen, johon olin tehnyt erilaisia geometrisia muotoja neliöstä kuusikulmi-

oon ja palloon. Näille muodoille loin ontelosidoksen, jossa yläkangas kutoi ohuella ja litteällä kuteella 8-vartista vohvelia ja alakangas suurempaa 12-vartista vohvelia leveämmällä litteällä kuteella⁵. Alakankaan suuri vohveli todellakin muodostui sidokseksi, joka nostatti yläkankaan vohvelin ylös muusta yhteensidotusta taustasta. Joissain kohdissa vain yläkangas kutoi vohvelia alakankaan tehdessä esimerkiksi 8-vartista satiinia, jotta näin onnistuisiko vohvelirakenteen porrastaminen. Parhaiten tämä toimi vaakatasossa neliönmuotoisella alueella, mutta korkeussuunnassa tällä sidoksella ei juurikaan ollut merkitystä. Kuusikulmio ei ollut esteettisesti toimiva kuvio terävien reunojen kiristessä, mutta pyöreä pallo toimi jokseenkin hyvin.

Vohvelien kerrostaminen siis tuotti tulosta ja *air-cushion*-ajatusmalli täyttyi kimmoisan ja pehmeän rakenteen myötä. Muovimaisilla kuteilla kudottu rakenne oli ulkoisesti läpinäkyvä ja kerroksellisuutta korostava, mutta loimilangan ohuudesta

⁵Kudesuhde 6:1 = kuusi ohutta litteää kudetta ja yksi leveä litteä kude. Ohut kude kutoo korkeussuunnassa kaksinkertaisena.



*Alakankaassa kuteena on litteä muovisesta palasta leikattu kude, joka on yläkankaan kudetta leveämpi. Se muodostaa 8-var-
tista vohvelia, joka menee loimen suunnass voimakkaasti kasaan.*

johtuen liian löysä verrattuna tc-1-laitteella kudot-
tuihin yksinkertaisiin versioihin⁶. Samassa näyt-
teessä olin myös kokeillut saumurilankana käy-
tettävää ohutta polyesterilankaa päällimmäisen
vohvelin muodostamisessa. Se muodosti vohvelin
siististi, ja sulautui kuohkeana loimilankaan vielä
paremmin, kuin ohut ja litteä polyamidikude. Täs-
tä syntyikin ajatus kuohkeiden polyesterilankojen
hyödyntämisestä kaksinkertaisessa vohveliraken-
teessa.

Tässä vaiheessa olin tietoinen tulevasta yhteis-
työprojektista **Kasia Gorniakin** kanssa, joka opis-
kelee vaatetuksen MA-puolella. Haasteenani oli
luoda teollisesti kudottava kolmiulotteinen kangas
oman tutkimuskysymyksen nojalla. Kerron tästä
projektista enemmän luvussa 4.1 *Yhteistyöprojek-
ti – Tuplavohveli teollisesti*. Teollisuudessa kier-
teettömien ja litteiden kuteiden käyttöön tarvitaan
yleensä lisälaitteita, joita tässä tapauksessa ei
ollut olemassa. Siksi polyesterilangan toimivuus
vohvelissa oli helpotus. Alakankaan suurempaan
vohveliin löysin paksun polyesterikuteen, joka
höyryttäessä vapautuu hiukan ja näin ollen muo-
dostaa saman kasaanmenevän vohvelin kuin leve-

ällä litteällä kuteella tehdyssä versiossa. Lisäksi
tällä kuteella muodostettu vohveli käyttäytyi hie-
man kuin täytelanka: Kudevaltaisena rakenteena
se vapautuu ja muodostaa tiivistä täytettä samalla
kun loimivaltaisena lukitsee osan kuteesta ylä- ja
alaloimilankojen väliin. Sillä oli siis mahdollista
kutoa täytelankarakennetta ilman kolmatta kudet-
ta, joka normaalisti kutoisi alakangasta täytelan-
gan lukittuessa vapaana ylä- ja alakankaan väliin.

⁶ Tc-1 loimilanka, valkoinen puuvilla-lyocell Nm 40/2, yk-
sinkertaisena kudottuna loimitiheys 24 L/cm. Tc-2 loimi-
lanka, valkoinen puuvilla Nm 64/2, loimitiheys 30 L/cm ja
ontelona kudottuna 15L/cm.

LOPULLISET NÄYTTEET

4.1 YHTEISTYÖPROJEKTI – TUPLAVOHVELIA TEOLLISESTI

Osana opinnäytettäni oli vaatesuunnittelua mais-terivaiheessa opiskelevan **Kasia Gorniakin** kans-sa tehtävä yhteistyöprojekti. Kasia oli kiinnostunut kankaasta, joka itsessään olisi valmiiksi kolmi-ulotteinen ilman suurempaa jälkityöstämistä rypy-tysten tai muiden laskostamiskeinojen muodossa. Kasian inspiraatio lähti liikkeelle itsetuotetusta va-lokuvasarjasta, jossa ihminen liikkui suurta kan-gaspalaa. Kankaan ja siitä lähtevän liikkeen muo-dostamat laskokset loivat muotoja, jonka pohjalta Kasian oli tarkoitus luoda vaatemallisto.

4.1.1 THE GRID – RISTIKKO VISUAALISENA TE-KIJÄNÄ

Päätin käyttää Kasian kankaassa samaa kuosia, jonka halusin sisällyttää omaan tulevaan opinnäy-teminimallistooni. TC-1- ja TC-2-koneilla kutomi-nen on suurissa määrin kuitenkin käsityömaista toimintaa, jossa tekijän mielikuvitus ja materiaali-valinnat ovat teoriassa rajattomat. Projektin haas-teellisuus kehittyikin siitä, miten pystyä kutomaan kolmiulotteisuutta oikeassa teollisessa ympäris-tössä, jossa materiaalin käyttö, kuteen tiheys ja loimirakenne ovat ennalta määrättyjä. Omaan tut-kimusasetelmaani nojaten poissuljettua oli käyttää niin kutsuttuja vilppikonsteja, kuten voimakkaas-ti kutistuvia ja elastaania sisältäviä materiaaleja sekä välttää kovia mekaanisia viimeistyksiä krep-pikäsittelyistä huovutukseen.

Tekemäni kuosin visuaalinen ilme perustui luvus-sa 3.1 *Body-mapping – Kehollisuus inspiraationa rakenteelle* mainitulle ajatukselle 3D-mallinnus-ohjelmissa käytettävästä ristikkokartasta, *gridistä*,

jota vääntelemällä muodostetaan erilaisia muoto-ja x-, y- ja z-suunnissa. Kankaassa itsessään kolmiulotteista olivat ristikon muodostamat viivat. Koska vohveli äärimmäisen kude- ja loimivaltaise-na sidoksena on itsessään jo hyvin kolmiulottei-nen pinta, päädyin tutkimaan sen mahdollisuuksia teollisessa tuotannossa. Tämä päätös perustui ai-emmin tekemiini testeihin luvussa 3.3.3 *Tuplavoh-veli* esiteltujen päällekkäisten vohvelien hyödyntä-misestä ontelorakenteessa. Kuosissani päälliosan pienempi vohveli kohoaa alakankaassa käytetyn suuremman vohvelin vaikutuksesta.

4.1.2 MATERIAALITUTKIMUSTA

Juuri oikeiden materiaalien löytäminen olikin avainasemassa, jotta kolmiulotteisuus toimisi ha-lutulla tavalla ja näyttäisi arvokkaalta. Rajauksen materiaaleille toi tekstiilistudioiden lankavarastot, joiden varassa nopean kokeilun mahdollistamiseksi oli työskenneltävä. Vaikka loimimateriaali onkin värjättävissä, en halunnut riskeerata hyvin toimi-via rakenteita enää ylimääräisillä jälkikäsittelyillä. Näin opinnäytteessäni esiteltä ajatus saumatto-muudesta valmiina loimesta ulos tulevana kolmi-ulotteisena pintana toteutuisi.

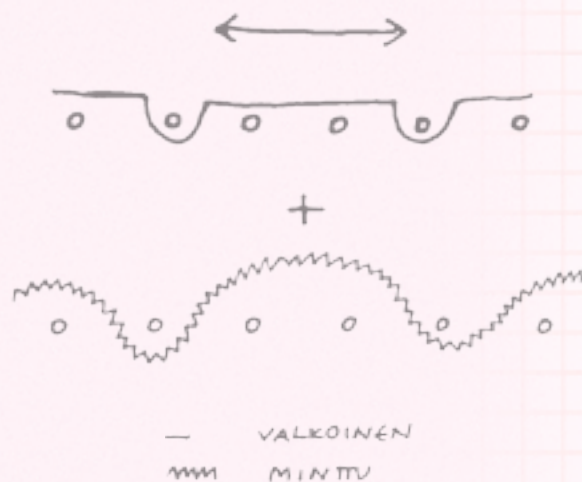
Aiemmin tekemissäni kokeilutilkuissa olin käyttä-nyt materiaalina litteitä erilevyisiä muovilankoja, jotka aiheuttaisivat ongelmia teollisuuskoneilla. Toiseksi toimivaksi materiaaliksi olivat osoittautu-neet saumurilankoina käytettävät polyesterilangat, joiden varaan päätin laittaa myös Kasialle tehtä-vän kankaan. Niiden etuna oli helppo saatavuus sekä suhteellisen monipuolinen värivalikoima.



Yhteistyökangas perustuu 3d-mallintamisohjelmissä käytettävälle ristikolle. Tehdyssä mallissa sitä on manipuloitu aaltomaiseksi, jolloin se luo illuusion kolmiulotteisuudesta. Kasia oli kiinnostunut muodoista, jotka kangas liikkeessaan luo. Tämän pohjalta luotu kuvasarja inspiroi Kasian vaatemallistoa (kuva 10).

Tämä kuitenkin osoittautui luultua hankalammaksi yhtälöksi, sillä päällepäin samanlaisilta vaikuttavat eriväriset saumurilangat käyttäytyivät eri tavalla kudottaessa: Ohut valkoinen polyesterilanka muodostaa vohvelia kauniisti, mutta samanpaksuinen, eri valmistajan toisen värinen saumurilanka yllättäen toimii kuten siima: Se ei anna periksi joustamalla, vaan säilyttää kimmoisuutensa kudevaltaisissa sidoksissa. Näin ollen siitä kudottu kaksikerroksinen kangas kohoaa, mikäli alla oleva sidos on sitä tiukempi. Näiden kahden langan yhdistelmä mahdollisti vohvelirakenteen, joka kohoaa alla olevan sidoksen vaikutuksesta kuitenkin säilyttäen vohvelille ominaisen kasaan menevän rakenteen. Visuaalisesti ohuen valkoisen polyesterilangan yhdistäminen toiseen mintunväriseseen polyesterikuteeseen loi vesivärimäisen ja läpi kuultavan efektin vohvelirakenteen kudejärjestyttä sekoittamalla. Alla oleva paksu polyesterilanka toimi, kuten päälliosan ohut valkoinen polyesteri muodostamalla suurempaa vohvelia, joka loimesta ulos tullessaan menee kasaan vetäen yläkankaan pienemmän vohvelin koholle.

Ennen lopullisen sidostuksen valitsemista, tein testejä vohvelin sijoittamista sekä taustaan, että ristikkoon. Parhaan ja voimakkaimman tuloksen muodosti vohveli ristikkossa. Päinvastaisena kudottuna pinnasta tuli hyvin tiivis ja tyynymäinen kadottaen kontrastit korkeuseroissa. Tämä johtui siitä, että tausta-alue on laajempi suhteessa ristikkoon. Vohveliosien ollessa suurempia ne myös kiristyvät enemmän ja pinta muodostuu pelkäksi vohvelipinnaksi, jolloin alakankaan kasaanmenevästä vohvelista ei ole mitään hyötyä.



Kun ontelossa kudotaan vohvelia samanaikaisesti valkoisella kuohkealla saumurilangalla ja filamentin tavoin käyttäytyvällä mintunvärisellä saumurilangalla, syntyy kohoava vohvelirakenne.



Vaaleanpunaisessa versiossa vaaleanpunaisen sekä valkoisen saumurilangan lisäksi yläkankaan vohvelia muodostaa litteä muovisesta palasta leikattu polyamidikude. Alakankaassa isoa vohvelia muodostaa paksu ja kuohkea lanka, joka vapautuessaan menee kasaan vetäen yläkankaan vohvelin koholle.

4.1.3 FROM MINT TO PINK

Omassa versiossani, joka väritykseltään tulisi olemaan vaaleanpunainen yhdistettynä loimen valkoisuuteen, aion käyttää sekä hyväksi havaittuja polyesterisaumurilankoja että ohutta litteää kudetta luodakseni mallille muovisen ilmeen. Edellä mainittujen kuteiden vuoksi malli olisi kudottava leveällä tc-2-laitteella käsin, sillä, kuten jo aiemmin oli ilmennyt, niitä olisi vaikea kutoa teollisesti. Yläkankaan vohvelirakennetta tulisi siis kutomaan valkoisen polyesterilangan lisäksi myös vaaleanpunainen polyesterikude sekä ohut ja litteä polyamidikude. Kudesuhteeksi muodostui näin ollen 3:3:3:1, jossa kolmea valkoista, kolmea vaaleanpunaista ja kolmea läpinäkyvää kudetta vastasi yksi paksu alakangasta kutova polyesterikude. Koska tämänlaisen kankaan kutominen olisi kuitenkin ollut sekä materiaalisesti että ajallisesti hyvin turhauttavaa, korvasin aiemmin käyttämäni paksun polyesterilangan ohuemalla kuteella, jolla kuitenkin oli sama kasaanmenevä efekti⁷. Näin kudesuhde laski 2:2:1, mikä helpotti myös kudejärjestyksen muistamista kutomisvaiheessa.

Kudetiheys muodostui myös tällä suhteella lankojen ohuuden takia kuitenkin varsin tiheäksi 67,5 L/cm. Tekemäni pienten kokeilujen perusteella olin kuitenkin varma, että saisin kudottua mallia riittävän näytekappaleen verran. Itse kuosin raportti on korkeudeltaan hieman yli metrin, sillä olin suunnitellut sen teollisesti kudottavaksi ja vaatetuskaaksi kelpaavaksi. Visuaalisesti malli kuitenkin toistuu hyvin samanlaisena, joten 50 cm näytepala 110 cm leveillä puilla tuntui riittävän suurelta. Tämän näytteen kutominen kesti huomattavan kauan, taukoineen yhteensä 14 tuntia. Tähän sisältyi kuitenkin katkenneiden loimilankojen korjaaminen, mikä johtui loimilankojen löystymisestä. Siihen oli syynä mallissa esiintyvät pitkät vertikaalit linjat, joiden kohdalla alakangas muodostaa pitkiä loimijuoksua suuren vohvelisidoksen myötä.

⁷ Vastatakseen paksumpaa versiota, uusi kudelanka kutoi korkeussuunnassa kaksinkertaisena.



Käsityömaisesti kudottava tiheä kangas vaatii hermoja ja monia työtunteja.

Malli näytti hyvältä kudonnan jälkeen, ja tiheyskin tuntui olevan kohdillaan. Höyrytyksen jälkeen kuitenkin ilmeni, että käsityömaisyydestä johtuen en ollut onnistunut pitämään kudetiheyttä tarpeeksi tiiviinä. Tämä ilmeni päälliosan pienen vohvelin löysyydessä, joka ei esteettisesti ollut miellyttävän näköinen. Muuten kohoava rakenne toimi kuten piti. Koska näyte ei ollut tyydyttävän näköinen, vaihtoehtoina oli yrittää kutistaa loimea kuumalla vedellä tai kutoa se uudelleen tiheämpänä. Onnekseni sain kuitenkin mahdollisuuden kutoa palan tätä vaaleanpunaista versiota hieman muunneltuna kuosina teollisesti *Lapuan Kankureilla*. Tästä prosessista kerron enemmän seuraavassa luvussa.

4.1.4 VIIME HETKEN ONGELMIA JA VALMIIT KANKAAT

Kuten jokaisessa projektissa, myös tässä viime hetken yllätyksenä tulleet muutokset tuntuivat kääntävän jo valmiiksi luullun projektin päälle. Suurimmaksi kompastuskiveksi muodostui kankaan tiheys. *Lapuan Kankurit*, jonka tehtaassa Pohjanmaan Lapualla kangas oli määrä kutoa, oli määrittänyt ehdottomaksi rajaksi kuteen tiheydelle

50 lankaa/cm. Omassa näytteessäni kudetiheys lähenteli 80 lankaa/cm johtuen hyvin ohuista langoista ja kudesuhteesta: 12 ohutta polyesterilankaa vastasi yhtä paksua polyesterilankaa⁸. Tämä tarkoitti sitä, että kangas tulisi kutoa pienemmällä kudetiheydellä tehden kankaan rakenteesta löyhemmän vaikuttaen samalla sen ulkonäköön negatiivisesti. Toinen vaihtoehto oli vaihtaa jo hyväksi havaitut materiaalit paksumpiin. Hyvin järjestelmällisen laskuhetken jälkeen kävi ilmi, että mikäli päälliosan ohuen valkoisen polyesterilangan vaihtaisi tuplasti paksumpaan, muiden lankojen vaihtamiselta välttyttäisiin. Näin kudetiheydeksi⁹ muodostuisi suurin piirtein 52 lankaa/cm.

Huolenaiheeksi muodostui kuitenkin tämän päälliosan uuden langan käyttäytyminen kuteena. Aiempien kokeiluiden perusteella tämä lanka vapaaksi päästyään menee huomattavasti kasaan löyhän kierteensä ansiosta. Pelkäsin kuteen jyräävän alleen sitä ohuemman mintunvärisen kuteen

⁸Kudesuhde on näin ollen 6:6:1 (kuusi valkoista, kuusi mintunväristä per yksi paksumpi kude).

⁹Kudesuhde on näin ollen 3:6:1 (kolme valkoista, kuusi mintunväristä per yksi paksumpi kude).

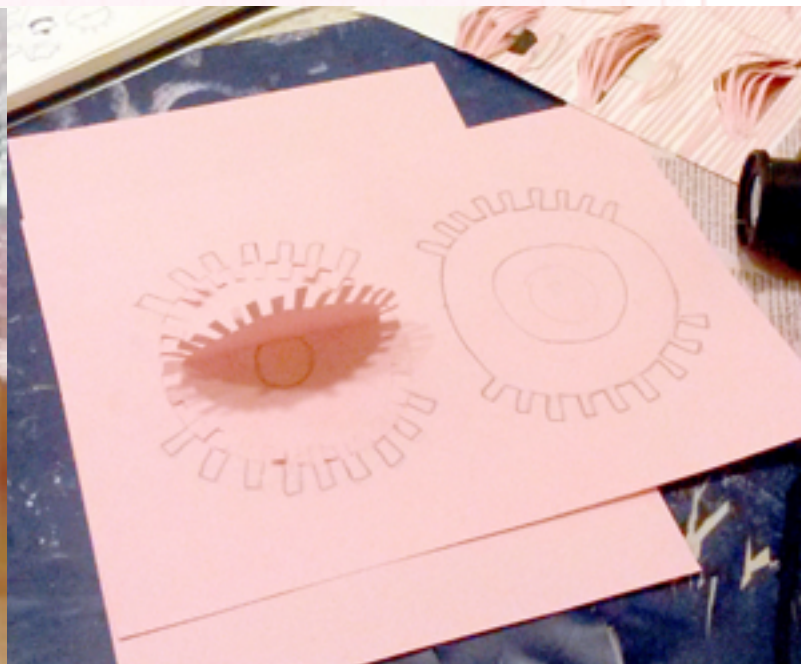
ja samalla muodostavan alakankaan vohvelia tiukemman rakenteen. Tämä tarkoittaisi tiukkaa vohvelia yläkankaassa, ja kohonnutta suurempivartista vohvelia alakankaassa. Välttääkseni tämän, pyrin tuomaan aiemmin vain muutamissa kohdissa esiin työntynyttä mintunväristä kudetta enemmän yläkankaan vohveliin. Tämän tarkoituksena oli tasapainottaa valkoisen kuteen voimakasta kutistumista ja mahdollistaa ylävohvelin kohoamisen.

Toisena ongelmakohtana kuosissani olivat raportissa esiintyvät pystysuorat linjat. Jos tämänlaisissa kohdissa sidokset poikkeavat tiheydessään toisistaan voimakkaasti, loimet löystyisivät epätaisisesti pysäyttäen koneen toiminnan. Raportissani näissä pystysuorissa kohdissa alakangas muodostaa hyvin löyhää vohvelia katkeamatta. Lapuan Kankureilta ratkaisuna ehdotettiin kuosin kääntämistä 45 astetta vinottain. Näin raportin pitkät loimijuoksut katkeaisivat automaattisesti raportin välikohtiin, jotka mallissani kudotaan yhteensidottuna ontelopalttinana. Myös Kasia piti kuosin kääntämistä hyvänä ratkaisuna, ja koki sen istuvan vielä paremmin oman mallistonsa ilmeeseen.

Itse pitkän kankaan kutominen Lapuan Kankureiden tehtaassa onnistui suhteellisen mutkattomasti. Ainoana ongelmana ilmeni valkoista vohvelia kutova kude, jota langansyöttäjä ei aluksi tunnistanut. Langan tunnistaminen kyseisellä kudontalaitteella tapahtuu kuuloon perustuvalla tekniikalla. Jotta kone kuuli valkoisen kuteen, se piti ohjata ylimääräisen mutkan kautta langansyöttäjään, jolloin muodostui hankaava ääni, jonka laite rekisteröi. Tämän operaation jälkeen kone kutoi kangasta sulavasti, minkä johdosta tehtaalla kudottiin myös pidempi pala samaa kangasta vaaleanpunaisena versiona omaan opinnäyteprojektiin. Käsini tekemässäni versiossa olin hyödyntänyt litteää kudetta kudevaltaisena sidoksena luodakseni muovimaisen pinnan kankaalle. Koska kyseistä kudetta ei pystynyt tässä tilanteessa käyttämään, kompromissina malliin ohjelmointiin kierteellinen muovikude joka neljännelle riville kiiltomaisen efektin saavuttamiseksi. Sama efektilanka ohjelmoitiin myös Kasialle kudottuun mintunväriseen versioon.



Lapuan Kankureilla kudottava kuosi tuli kääntää 45 astetta vinottain, jotta alakankaaseen muodostuvat pitkät loimijuoksut katkeaisivat tarpeeksi usein.



4.2 JÄÄN ALLA

Toisena varsinaisena mallina lähdin kehittämään luvussa *Siimakummut 3.3.2* havaitsemaani keinoa luoda voimakkaasti muodostuvia kumpuja siiman ja vohvelirakenteen avulla. Opinnäyteprojektin nimen innoittamana visioin tekeväni täysin vaaleanpunaisen siimapinnan, josta kohoaisi säännöllisesti pienehköjä silmäluomea tai nänniä muistuttavia taskumaisia kohtia. Minua kiehtoi ajatus siiman efektistä luoda himmeänä hehkuva pinta, joka eri katselukulmista heijastaa valoa eri tavoin.

Ensimmäisessä tc-2-laitteella tekemässäni testissä käytin samoja kuteita, siimaa sekä litteää kudetta, joilla olin kutonut aiemman kumpuja muodostavan pinnan. Koska nännien pinta-ala oli kooltaan nyt paljon pienempi kuin aiemmassa näytteessä, kokeilin kumpi sidospari tuottaisi voimakkaamman 3d-efektin: Alakankaan vohveli yhdistettynä yläkankaan siimalla kudottavaan palttinaan vai alakankaan vohveli ja yläkankaan siimalla kudottava pitsisidos? Taustassa käytin samaa hyväksi havaittua sidosta, jossa siima muodostaa yhteensidottua 18-vartista ristitoimikasta, ja litteä kude 4-vartista satiinia. Näytteen tullessa ulos kudontalaitteesta se kuitenkin erosi aiemmin kutomastani

kokeilusta negatiivisesti. Näyte oli todella tiukka ja kudelangat eivät olleet asettuneet yhtä kuohkeasti kuin aiemmin. Kolmiulotteisuus toimi vain muutamissa nännikohdissa loppujen ontelokohtien jäädessä litteiksi. Ilmeisesti syynä tälle efektille oli ollut loimen liika kireys ja aavistuksen liian pieni skaala kuviossa. Mutta koska siiman kohoamista oli havaittavissa, päätin jatkaa kuosin kehittelyä muuttamalla kuvioalueita suuremmaksi ja löysentämällä loimea seuraavassa testissä.

4.2.1 ONGELMANA VÄRI

Tekemäni testipala oli väritykseltään tässä vaiheessa kuitenkin vielä valkoinen. Halusin kokeilla testipalan loimen värjäämistä vaaleanpunaiseksi, minkä ansiosta koko kappale saisi vaaleanpunaisen värityksen kuteiden läpikuultavuuden takia. Tein kaksi hyvin vaaleaa sävyä selluloosakuitujen kattilavärjäyksellä. Itse väritykset onnistuivat hyvin ja näyttivät kauniilta siiman himmeän kiillon kanssa. Ongelmaksi muodostui kuitenkin juuri se mitä olin etukäteen pelännyt: Kuuma vesi kutisti loimea niin, että kolmiulotteisena muotona koonneet siima-alueet litistyivät. Tästä johtuen loimen



Toinen varsinainen malli muuttui pienemmistä nännialueista suuremmiksi kummuiksi, jotka jatkoivat samaa ristikkoajatusta kuin Lapuan Kankureilla kudottu kangas. Siima 18-vartisena ristitoimikkaana kankaan päällä muodostaa jäänalaisen efektin alla olevalle kuvioinnille.

värjäyksestä oli luovuttava ja keksittävä kuteiden muodossa keino luoda haluamani väritys.

Halusin pitää kudemäärän minimissä, sillä aiempien havaintojeni perusteella olin huomannut, että mitä enemmän siima joutuu kannattelemaan ylimääräistä painoa tai sitoutumaan muihin kuteisiin, sitä huonommin se jaksoi muodostua kohoavaksi pinnaksi. Tein kaksi eri vaaleanpunaista näytekokeilua mallista, jossa ensimmäisessä korvasin litteän läpinäkyvän kuteen vaaleanpunaisella saumurilangalla ja toisessa käytin vohvelin muodostamiseen litteää kudetta ja siiman kanssa vaaleanpunaista saumurilankaa. Molemmissa näytteissä vaaleanpunainen lanka kutoi mahdollisimman tiukkaa, loimea kuluttavaa sidosta, jotta siima pääsisi muodostamaan mahdollisimman tiheää rakennetta jäänalaisen efektin luomiseksi. Tähän oli perusteena myös kolmiulotteisuuden maksimoiminen kasvattamalla siiman kudetiheyttä. Kummassakin versiossa nänniosiot kohosivat jonkun verran, mutta ulkonäöllisesti väritys oli joko liian vaalea, kudetiheys liian löysä tai sidokset esteettisesti rumia. Taustasidos sen sijaan toimi kauniisti luoden haluamani hehkun vaaleanpunaisen kuteen päälle.

4.2.2 NURJA OIKEAKSI

Se mikä tekemissäni sidoksissa taustan lisäksi kylläkin toimi, oli kolmiulotteisuus niiden nurjalla puolella. Olin unohtanut luvussa 3.3.2 *Siimakummut* havaitsemani tärkeän efektin, jossa siima luo **yhteensidotuilla alueilla**, eli tässä tapauksessa taustassa, kolmiulotteisia kumpuja. Vohvelialueet ontelona taas antavat volyyymia näille yhteensidotuille alueille siiman muodostuessa taskumaisena kumpuna alakankaassa. Toisin sanoen minun oli käännettävä nyt alakankaaseen muodostava vohveliontelo yläkankaaksi ja samassa kohdassa kutova siima alakankaaksi sekä keskittyä aiemmin taustana pitämäni alueeseen kolmiulotteisena kumpuna. Tämä tarkoitti myös mallin kokoluokan kasvattamista.

Näin luonnollisena jatkeena kasvattaa nänniajatukseni rintamaisiksi alueiksi, jotka kohoavat vuoristomaisena pintana. Kehittämässäni mallissa hyödynsin jo Kasialle suunnittelemassani kankaassa esiintyviä ristimäisiä kohtia, jotka tässä uudessa mallissa olisivat kummun kohdalla. Halusin niiden ehdottomasti erottuvan muusta värityksestä



Lopullisessa mallissa "oikealle puolelle" muodostuu vohveli litteällä muovikuteella. Yhteensidotuilla alueilla päällimäisenä sitoutunut siima vaihtuu ontelokohdassa kutomaan alakangasta pitsisidoksella. Näin syntyy siimakupla, jonka ansiosta pinta muodostuu kumpuilevaksi.

korostaakseni alueen kohoavaa rakennetta, mistä johtuen jouduin kehittämään sidoksen neljälle eri kuteelle. Tämä kuulostaa hurjalta, varsinkin kun tiesin, että mitä vähemmän kuteita, sen parempi. Pysin ajattelemassa kuteita kuitenkin yhtenä samana lankana, jonka väri vain vaihtuu raidanomaisesti¹⁰. Heti ensimmäisellä yrittämällä toimivaksi rakenteeksi löytyikin järjestys, jossa värialueen mukaan vaaleanpunainen tai musta saumurilanka kutoo litteän kuteen kanssa samaa 4-vartista satiinisidosta¹¹ ja siima muodostaa päälle 18-vartista ristitoimikasta luoden jäänäläisen efektin. Kolmas kude, vuorotellen joko musta tai vaaleanpunainen, kutoo erittäin löyhää yhteensidottua rakennetta *nurjalla* (ristikohdissa vain kudejuoksuna alla), jotta pinnan on mahdollista muodostua mahdollisimman tiiviiksi. Vohvelikohdissa värilliset kuteet toimivat välikuteina siiman ja litteän polyamidikuteen kutoessa onteloa.

Jotta vohvelialueet jaksaisivat kohottaa yhteensidottua siima-alaa, niiden tuli sijoittua muutaman testikappaleen perusteella noin 10–15 cm alueelle toisistaan, mikä taas määräsi kumpujen leveyden samaksi lukemaksi. Vohvelialueiden leveydellä ei tuntunut olevan suurta merkitystä – siima jaksoi

muodostaa kohoavan rakenteen nurjalle jo yhden senttimetrin leveydellä¹². Korkeudella oli suurempi merkitys, sillä se vaikutti samalla myös siihen, kuinka korkeaksi kumpu muodostui. Lopullisessa kuosissa vohvelialueet muodostavat leveitä ja tiiviitä rakseja, joiden väliin kummut asettuvat half-drop-raportin mukaisesti. Tekemässäni 10 cm korkeassa testipalassa kummut muodostuivat halutulla tavalla, ja ryhdyinkin kutomaan lopullista suurempaa näytepalaa mallistani. Yritin kontrolloida suuressa näytepalassa kolmiulotteisuutta pitämällä loimea löysemmällä kuin yleensä, ja syöttämällä siimaa muita kuteita enemmän. Koska kyse oli taas käsityömaisesta kudonnasta, tyylipuhdasta jälkeä oli vaikea saavuttaa. Tämä näkyi esimerkiksi kumpujen muodostumisessa vain kankaan keskialueille.

¹⁰Kudesuhde on seuraavanlainen: 1:1:1:1 eli yksi vaaleanpunainen, yksi litteä kude, yksi musta, yksi siima.

¹¹Saumurilanka kutoo yhden viriön, jonka litteä kude toistaa. Sidos kudotaan siis korkeussuunnassa kaksinkertaisena. Koska litteä kude liikuu saumurilangan alle, sidos ei veny korkeudessa vaan pysyy tiiviinä.

¹²Lopullisena sidoksena siimalle valikoitui pitsisidos, jossa on sopivasti tiukkaa palttinasidosta sekä vapaita kudejuoksua. Näin siima pysyi ns. vapaana, mutta hallittuna.

4.3 OPTINEN ILLUUSIO KERROKSELLISUUDELLA

Viimeisessä näytteessäni halusin tutkia rakenteen muodostamista, jossa kaksi kerrosta, joista toinen läpinäkyvä tai muuten harva, ovat selkeästi irti toisistaan muodostaen ilmataskun kerrosten väliin. Visuaalisesti olin kiinnostunut kokeilemaan optisen illuusion yhdistämistä tähän ajatukseen. Ruokkisivatko ne toinen toisiaan muodostaen vahvan syvyyssefektin?

Jotta kerrokset saisi irti toisistaan selkeästi, oli niiden väliin kehitettävä osa, joka kohottaa yläkankaan alakankaasta. Koska ideana oli, että yläkangas ikään kuin leijuisi alakankaan päällä, kohoava osa tulisi piilottaa hienovaraisesti. Vaihtoehtona tälle kohoavalle osalle olisi kutoa se vohvelin ja siiman tai muun jäykän kuteen yhteisvaikutuksella, kuten toisessa näytteessäni. Toisena vaihtoehtona, kuten luvussa 3.2.1 *Neule vs. Kudonta* oli mainittu, kutoa loimen leveydeltä ontelorakennetta, jossa yläkangas kutoo alakangasta enemmän pakaten kudetta makkaramaisesti. Päätin keskittyä kuitenkin kolmanteen vaihtoehtoon, jossa mahdollisimman tiukkakierteinen paksu kude asettuu välikuteena kerrosten väliin kohottaen ne irti toisistaan. Kaksi edellä mainittua vaihtoehtoa olisivat vaatineet hyvin monimutkaiset loimirakenteet ja tiheämmän loimen kuin tc-1, jota olin päättänyt hyödyntää viimeisessä näytteessä.

Kuosini perustui samaan grid-ristikko ajatukseen, kuin aiemmissa näytteissä. Samoina toistuvien horisontaalien linjojen kohdalle oli määrä ujuttaa paksu kude, ja näiden linjojen ulkopuolelle muodostaa optinen mustana ja vaaleanpunaisena toistuva ruudukkokuvio. Kehitin mallille sidoksen, jossa yläkangasta kutoo palttinana joka neljäs loimilanka¹³ kuteenaan läpinäkyvä ja ryhdikkäänä pysyvä siima. Kohdissa, joihin paksu kohottava kude tuli ujuttaa, siiman kanssa yläkangasta muodosti ohut vaaleanpunainen saumurilanka, jotta paksu kude peittyisi. Mustat loimilangat kutoivat aina

alakangasta. Paksun kuteen kohdissa yläkankaasta jäljelle jääneet vaaleat loimilangat lukitsivat täytekuteen löyhästi kerrosten väliin, jotta se ei pääsisi vapaana liikkumaan esimerkiksi kuvioalueen päälle¹⁴.

Ensimmäisen testikudon jälkeen ilmeni, että horisontaalit kohottavat linjat tulisivat olla suhteellisen tiiviissä toistossa. Mallissani noin kahden senttimetrin korkuisilla kuvioalueilla paksut kuteet eivät jaksaneet kannatella yläkankaan painoa tarpeeksi napakasti, kun löystytin loimea kutomisen jälkeen. Pientämällä kuvioalueiden korkeutta ja näin ollen tiivistämällä paksujen kudelinjojen tiheyttä, ongelma katosi. Suurimmaksi toimivaksi korkeudeksi kuvioalueelle määräytyikin noin yksi senttimetri.

¹³Loimilanka on kaksivärinen: Joka toinen musta, joka toinen vaalean harmaa. Yläkangas käyttää vaaleanharmaata loimea.

¹⁴Paksun kuteen kohdissa kuteita on vain kaksi + lisäkude. Kuviokohtiin oli luotava oma kolmilankainen kudejärjestelmä, sillä yläkankaan siiman lisäksi alakangasta kutoi musta sekä vaaleanpunainen kude. Kuviokohdissa yläkankaan ylimääräiset loimilangat on sidottu alakankaan nurjalle puolelle.

MAIDEN'S DELIGHT



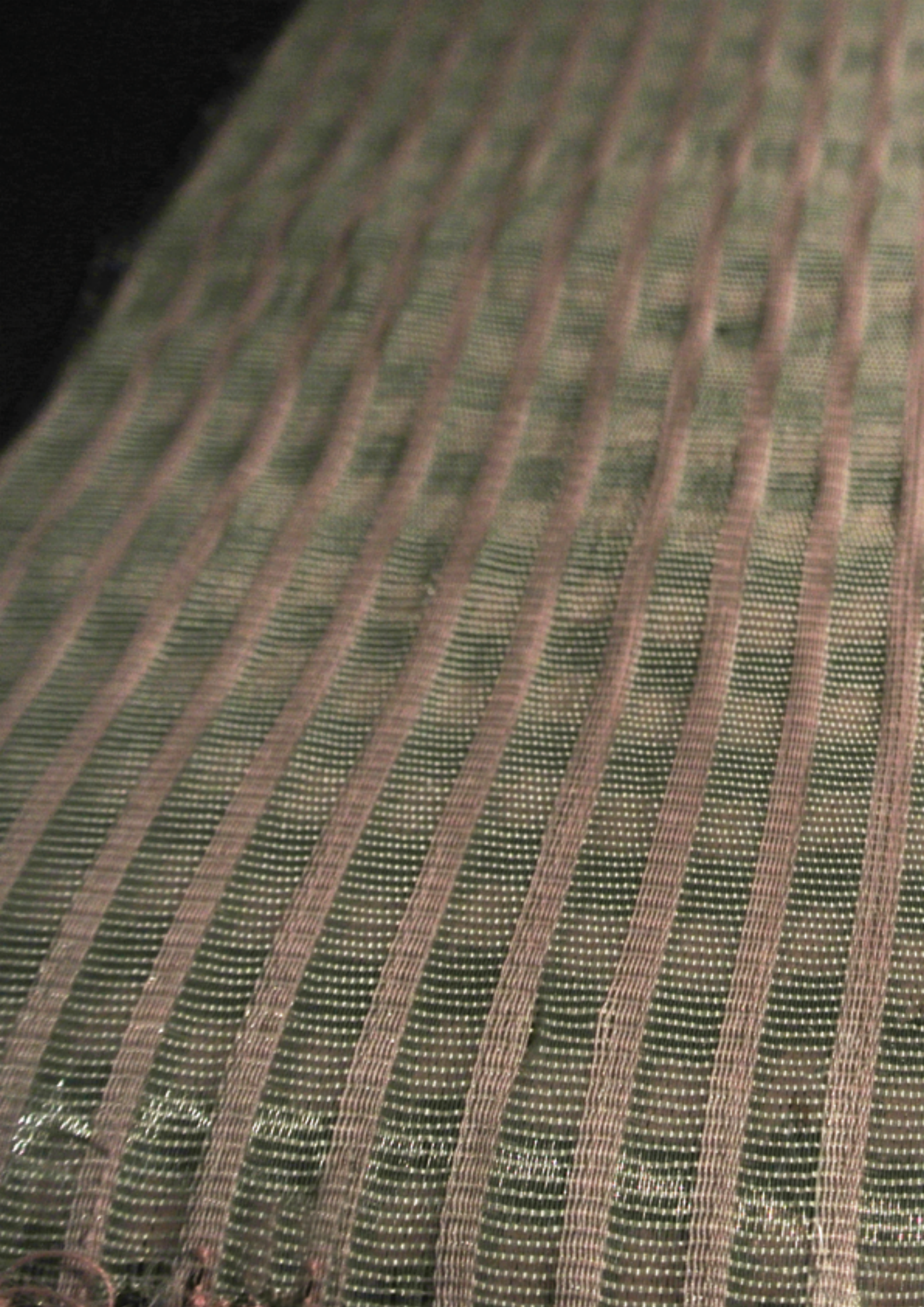


SILICONE
VALLEY





TEENAGE
HIDE



MINT GRID







IN THE END

5.1 LOPUTON SUO TULEVAISUUDESSA?

Tämän projektin johtopäätöksenä on, että kolmiulotteinen saumattomuus kudotussa pinnassa on mahdollista kaksilankajärjestelmällä. Tämän todistaa kolme kovalla ajatus- ja kutomistyöllä toteutettua näytettä. Kutomalla tehty tutkimustyö tarjosi paljon mahdollisuuksia poiketa ja syventyä eri suuntiin ja osa-alueisiin. Helpottavampaa olisikin ollut paneutua esimerkiksi vain vohvelin mahdollisuuksien tutkimiseen tai tiheysvaihteluilla luotaviin pintoihin. Taiteellisesti projekti on ollut innostava kokonaisuus, joka olisi ansainnut, kuten itse tutkimustyökin, runsaasti enemmän aikaa ja paneutumista puhjetakseen täyteen kukoistukseensa.

Pyrkimyksenäni oli kohdentaa kutomalla tekemääni tutkimusta vain rakenteiden, ei niinkään materiaalien kautta. Joudun kuitenkin toteamaan, että kolmiulotteisuus on voimakkaasti alisteinen myös materiaaliaroille – ainakin toteuttamissani näytteissä. Vohvelilla tehdyt testit kuitenkin osoittavat paljon mahdollisuuksia pelkkään rakenteellisuuden nojaavana sidoksena. Lupaavana esimerkkinä tästä on Lapuan Kankureilla kudottu kahteen vohvelikerrokseen perustuva *Maiden's delight*-kangas. Jos käytössä olisi tiheämmät loimet kuin tässä projektissa, olisi mielenkiintoista viedä eteenpäin ajatusta vielä useammasta vohvelikerroksesta päällekkäin. Pystyisikö esimerkiksi tämänlaisella sidoksella luomaan erittäin imukykyisiä pintoja tai vaatteita, jotka eivät tarvitse erikseen paksua vuoritusta? Olisiko se edes järkevää?

Teollisesta näkökulmasta ajatellen materiaalilinnat kuitenkin usein rajoittavat kokeiluja erikoisemmilla materiaaleilla, kuten tässä tapauksessa siimalla tai litteillä muovikuteilla. Teollisen kudonnan etuja ovat kuitenkin tasainen jälki ja tiheys, joiden hallinnassa käsityömaisessa kutomisessa, ainakin itselläni, oli vaikeuksia. Loimen ja kuteen kireys ovat tärkeässä roolissa saumatonta muotoa luodessa: Löyhempi kireys loimessa mahdollistaa kuteen pakkaamisen ja tiiviin rakenteen. Kuteen runsas syöttäminen ja toisaalta kiristäminen luovat kontrastieroja, jotka vaikuttavat pinnan kohoamiseen yhdessä rakenteiden kanssa.

Kudotun pinnan ajattelu 3d-kartastona on kutkuttava ajatus, jota esimerkiksi luvussa 3.2.3 *Saumattomuus jacquardina kaksilankajärjestelmällä* mainitussa Niken XX9-koripallokengässä on hyödynnetty. Opinnäyteproduktiossani siimalla ja vohvelirakenteella toteutettu *Silicone Valley*-pinta antaa osviittaa samankaltaisista mahdollisuuksista perinteisimmillä jacquardloimilla. Tämä näyte on lähimpänä alkuperäistä ajatustani luoda valmiita kudottuja, saumattomia muotokappaleita esimerkiksi juuri vaatteisiin. Erityistä kiinnostusta herättää muiden jäykkien ja kimmoisten materiaalien käyttö havaintojen perusteella. Body-mapping ja 3d-ajattelu on ehdottomasti tulevaisuuden tiedettä, jonka kautta ajatus tekstiilipinnan hyödyntämisestä uudenaikaisissa sovelluksissa perinteisten vaate- ja sisustustekstiilien rinnalla inspiroi ja in-

LÄHTEET:

Alderman, Sharon 2004: *Mastering Weave Structures - Transforming Ideas Into Great Cloth*. Interweave Press LLC, Loveland.

Arthurs, Deborah 2011: *Bodometrics Turns the TV into a Fitting Room with 3D Body-Mapping*. Daily Mail-verkkolehti 8.10.2011. <http://www.dailymail.co.uk/femail/article-2050421/3D-Bodometrics-bodyscanner-Find-perfect-pair-jeans-trying-on.html>. Katsottu 18.2.2015.

Bilisik, Kadir 2011: *Chapter 5: Multiaxis Three Dimensional (3D) Woven Fabric*. Teoksessa Vassiliadis, Savvas (toim.) *Advances in Modern Woven Fabrics Technology*, 81-95. InTech. doi:10.5772/678.

Birghan, Andrea 2006: *Individualisation with CAD - Simulation of 3D-Woven Fabrics, 1-2*. <http://www.shape3.com/publications/Newsletter%2001%20englisch.pdf>. Katsottu 26.1.2015.

Body Mapping from your TV. 2013. Internetvideo Bodometrics-verkkosivustossa. <http://player.vimeo.com/video/34832856?title=0&byline=0&portrait=0>. Katsottu 6.3.2015.

Cobb, Debra 2013: *Expert Opinion: New Research and Technologies Benefit Cold Weather Knitwear at ISPO*. Knitting Industry-verkkosivusto 15.2.2013. <http://www.knittingindustry.com/new-research-and-technologies-benefit-cold-weather-knitwear-at-ispo/>. Katsottu 18.2.2015.

Kaufmann, Jim 2012: *An Introduction To 3-D Weaving*, Textile World-verkkosivusto. http://www.textileworld.com/Issues/2012/July-August/Features/An_Introduction_To_3-D_Weaving. Katsottu 6.3.2015.

Kaufmann, Jim 2012: *3-D Weaving: Applications And A Range Of Possibilities*. Textile World-verkkosivusto. http://www.textileworld.com/Issues/2012/September-October/Nonwovens-Technical_Textiles/3-D_Weaving-Applications_And_A_Range_Of_Possibilities. Katsottu 6.3.2015.

Niederrhein University of Applied Sciences, Department of Textile and Clothing Technology 2004: *Shape Weaving*, 4. <http://www.shape3.com/publications/Flyer%20-%203D-Weben7.1%20-%20engl.pdf>. Katsottu 26.1.2015.

Research Lab. NIKE Inc.-verkkosivusto. <http://about.nike.com/pages/nike-explore-team-sport-research-lab>. Katsottu 5.3.2015.

Rhodes, Margaret 2014: *Did Adidas Rip Off Nike's Flyknit Shoes?* Fastcodesign-verkkosivuston artikkeli 7.3.2014. <http://www.fastcodesign.com/3027365/did-adidas-rip-off-nikes-flyknit-sneaker>. Katsottu 5.3.2015.

Stinson, Liz 2014: *Lesson 11: Reuse Proven Technology - Nike Looms Large*. 2014. Wired-verkkolehden artikkeli. <http://www.wired.com/2014/09/design-package-2014/>. Katsottu 18.2.2015.

Sustainable Innovations: Flyknit. More Haste. Less Waste. NIKE Inc.-verkkosivusto. <http://www.nike-responsibility.com/innovations>. Katsottu 13.4.2015.

Tveten, Julianne 2015: *Nettelo's 3D body-mapping technology lets users view their past, present, and future bodies*. Built in LA-verkkosivusto 20.1.2015. <http://www.builtinla.com/2015/01/20/nettelos-3d-body-mapping-technology-lets-users-view-their-past-present-and-future-bodies>. Katsottu 18.2.2015.

KUVALÄHTEET:

s. 6 Kuva 1: *Mukailtu*. <http://media5.cdn.builtinla.com/sites/www.builtinla.com/files/imagecache/Original/images/nettelo.jpeg>. Katsottu 18.2.2015.

s. 10 Kuva 2: https://shard1.1stdibs.us.com/archivesE/art/upload/33/922/naturestudy-2269-5-CB_LG.jpg. Katsottu 4.4.2015.

s. 10 Kuva 3: http://www.joaofigueiredo.com/?page_id=628. Katsottu 4.4.2015

s. 11 Kuvat 4 ja 5: Victor Vasarelyn näyttely, Espoon EMMA. Valokuvattu 17.12.2014.

s. 10-11 Moodboard-kuvat: <http://www.pinterest.com>

s. 14 Kuvat 6 ja 7: <http://www.shape3.com/publications/Newsletter%2001%20englisch.pdf>. Katsottu 26.1.2015.

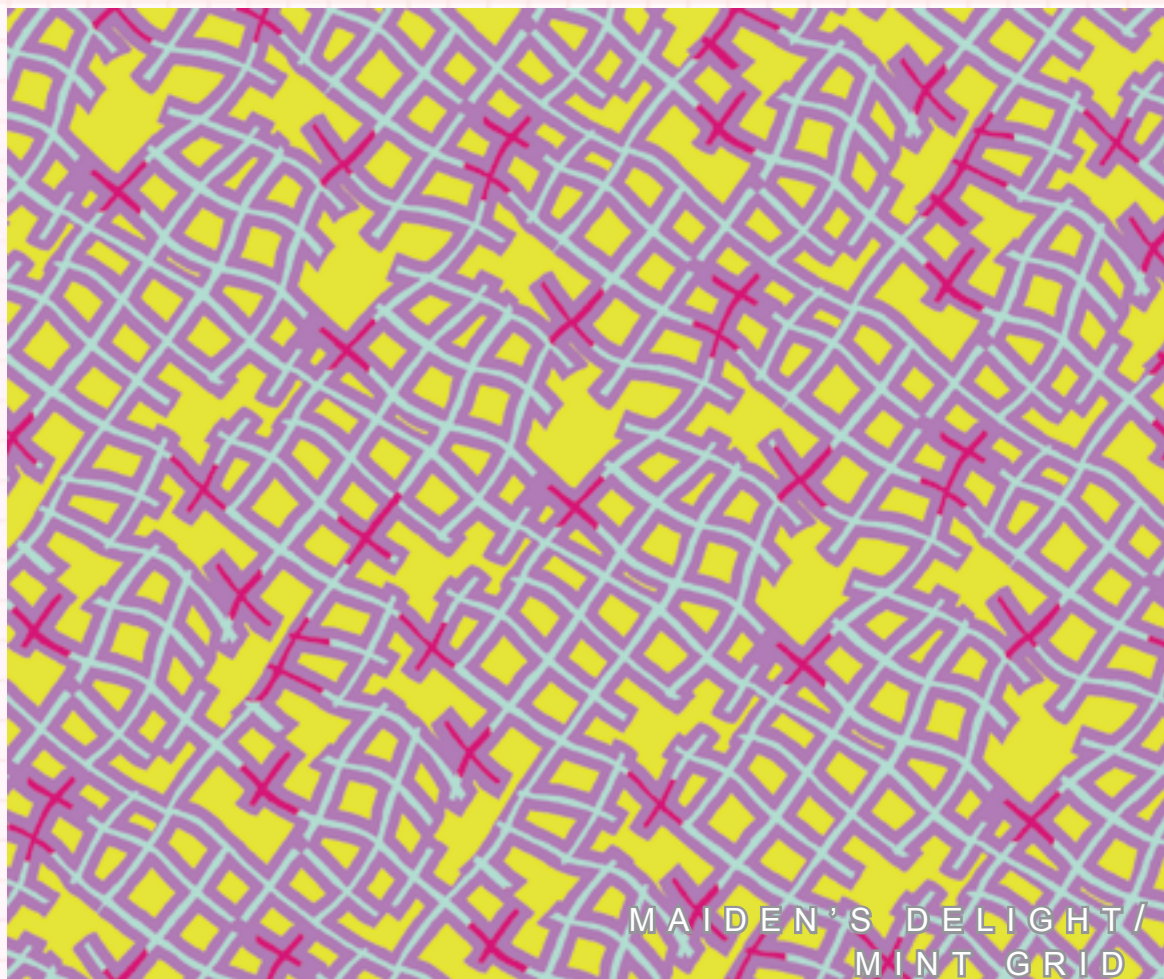
s. 15 Kuva 8: <http://www.wired.com/2014/09/design-package-2014/>. Katsottu 18.2.2015.

s. 15 Kuva 9: http://s3.amazonaws.com/nikeinc/assets/34452/Nike-Flyknit-Unravel-Spool_original_native_1600.jpg?1413868026. Katsottu 17.4.2015

s. 26 Kuva 10: Kasia Gorniak

Muu kuvamateriaali: Maija Järvinen © 2015

LITTEET



loimi: CO+CLY

Nm 40/2

tiheys: 24 L/cm

kuteet:

1. PES Nm 160

2. Nylon PA

3. Lurex PA Nm 72

4. PES

tiheys: 50 L/cm



MINT GRID

sidos:

yhteensidottu ontelo,
jossa:

palttina (2x)

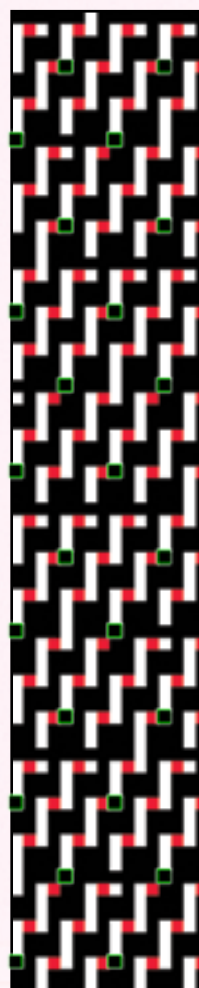
palttina

8-vartinen satiini



sidospisteet

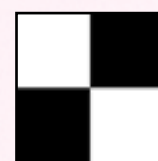
2.kude



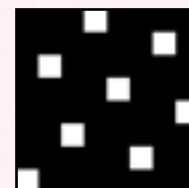
1. ja 3. kude



2. kude



4. kude



MAIDEN'S DELIGHT - MINT GRID



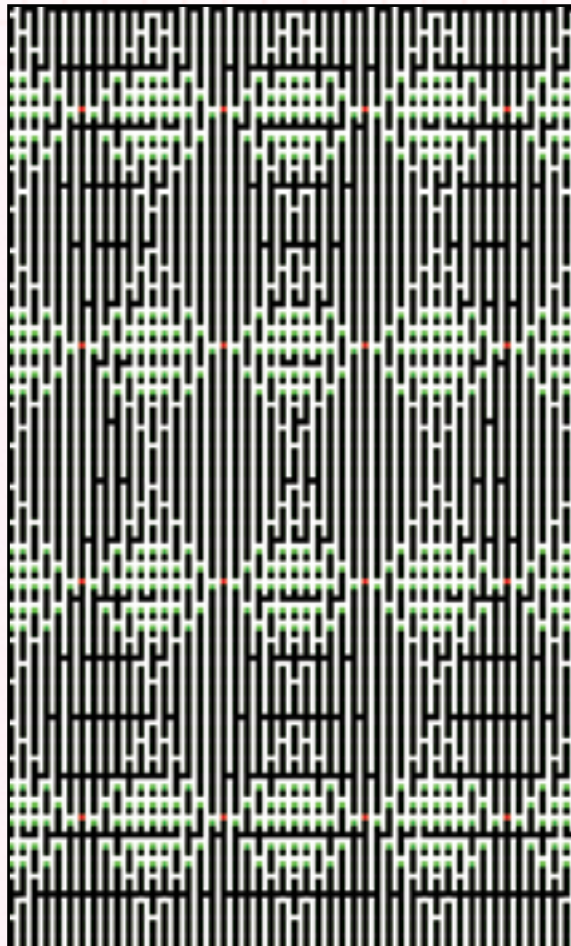
sidos:

ontelo, jossa:

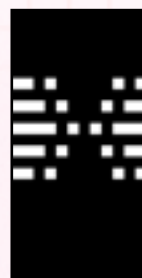
muunnettu 6-vartinen
vohveli (2x)

6-vartinen vohveli (2x)

8-vartinen vohveli



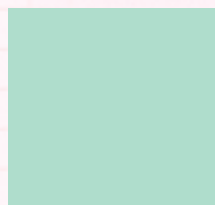
1. ja 3. kude



2. kude



4. kude



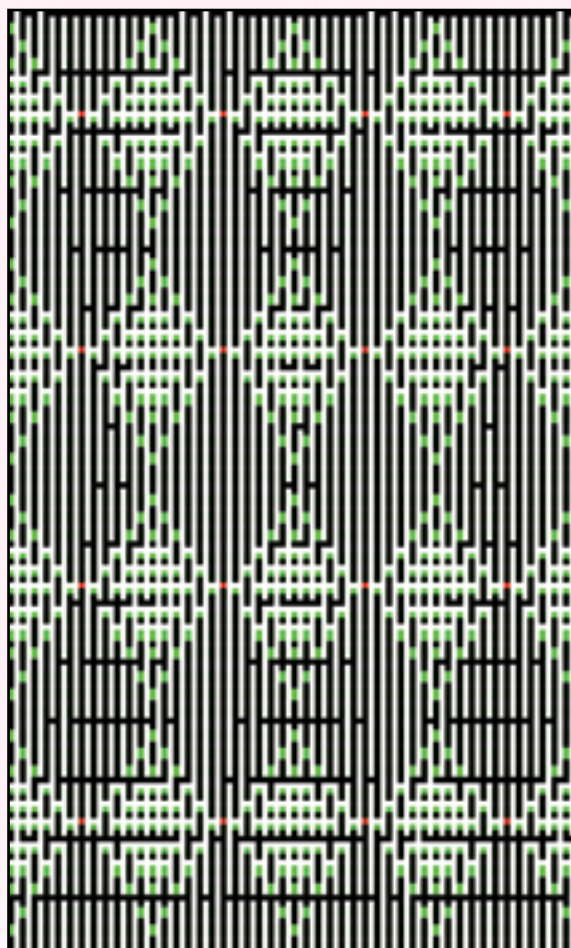
sidos:

ontelo, jossa:

muunnettu 6-vartinen
vohveli (2x)

muunnettu 6-vartinen
vohveli (2x)

8-vartinen vohveli



1. ja 3. kude

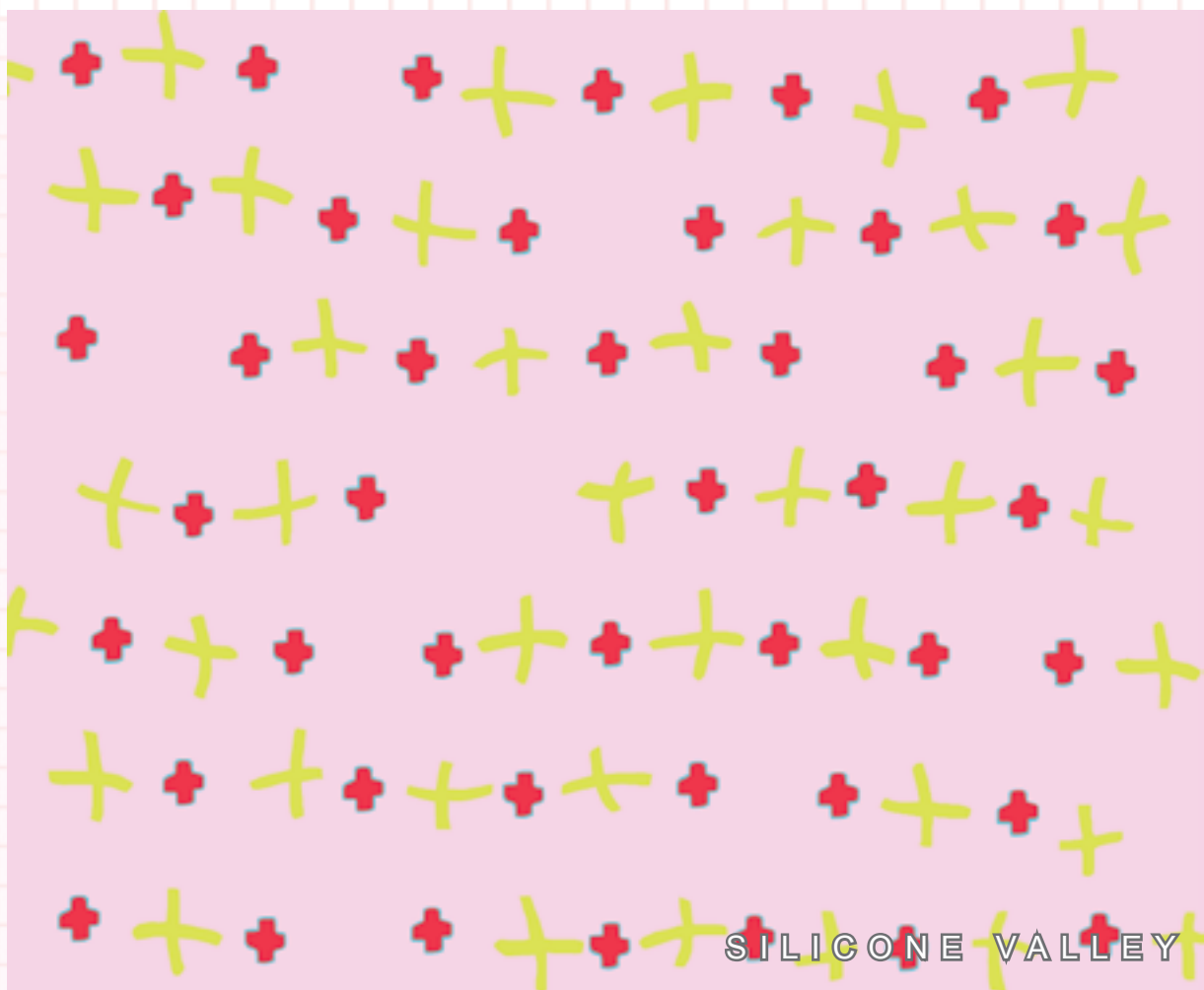


2. kude



4. kude





loimi: CO Nm 64/2

tiheys: 30 L/cm

kuteet:

1. PES Nm 160

2. Lurex PA NM 72

3. PES

4. PA

tiheys: 72 L/cm

4.

3.

2.

1.

sidos:

yhteensidottu,
jossa:

4-vartinen satiini

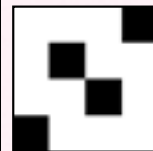
4-vartinen satiini

18-vartinen
loimivaltain sidos

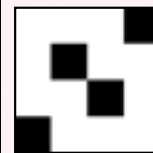
18-vartinen
ristitoimikas



1. kude



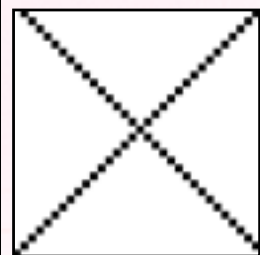
2. kude



3. kude



4. kude



SILICONE VALLEY



sidos:

ontelo, jossa:

välikude

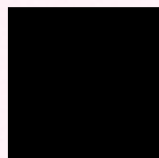
8-vartinen vohveli

välikude

pitsi



1. kude



2. kude



3. kude



4. kude



sidos:

ontelo, jossa:

välikude

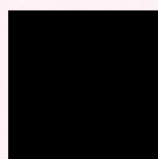
palttina

kudejuoksu alla

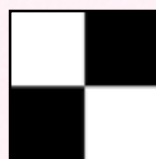
pitsi



1. kude



2. kude

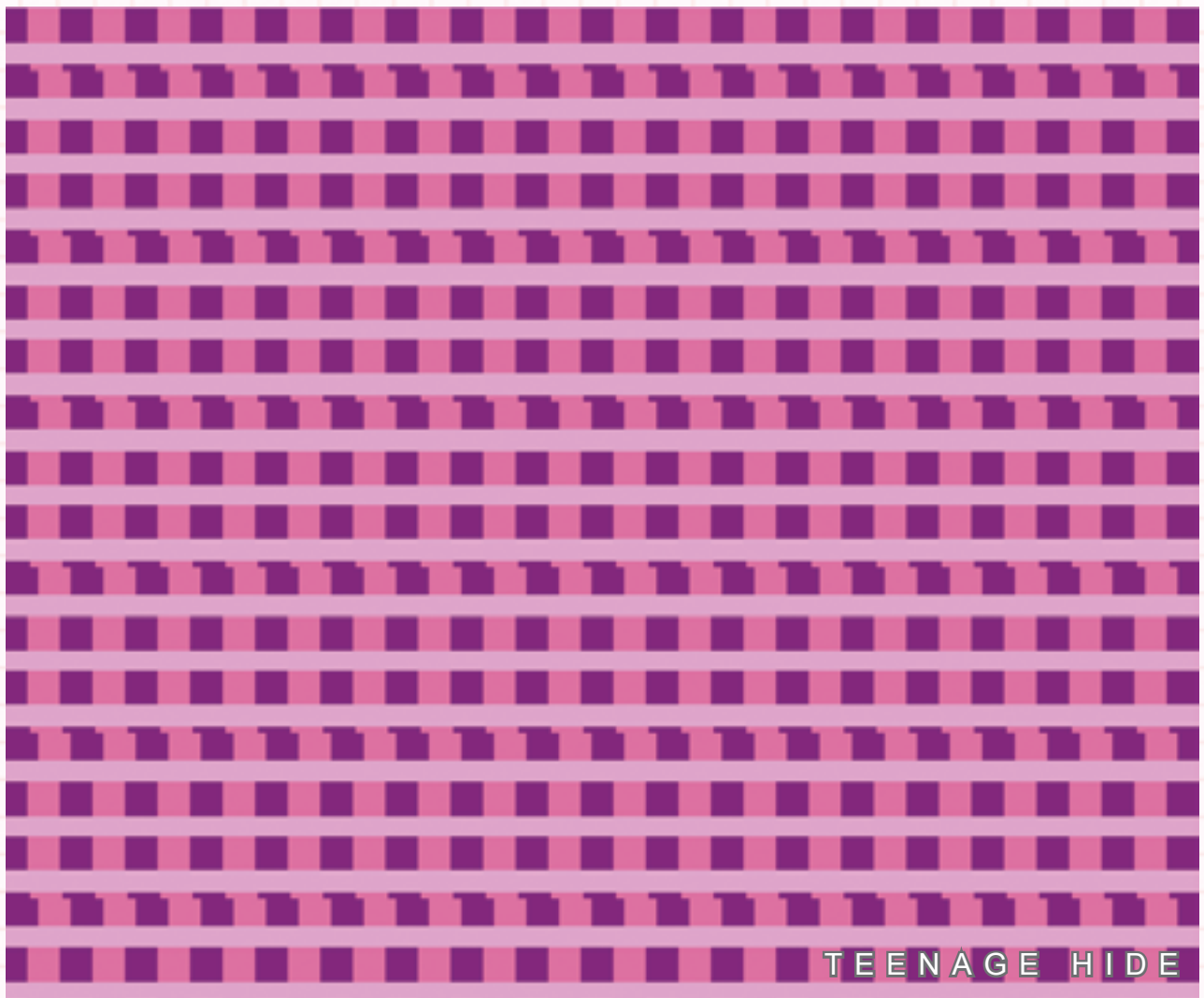


3. kude



4. kude





TEENAGE HIDE

loimi: CO+CLY
Nm 40/2

tiheys: 24 L/cm

kuteet:



1. CO Nm 16/2

2. CMD 72 + PA 28
Nm 36/2

3. PA

tiheys: 66 L/cm

kuteet:



1. PA Nm 22,5 + PES
Nm 160

2. PA

3. WO

tiheys: 53 L/cm



sidos:

ontelo, jossa:

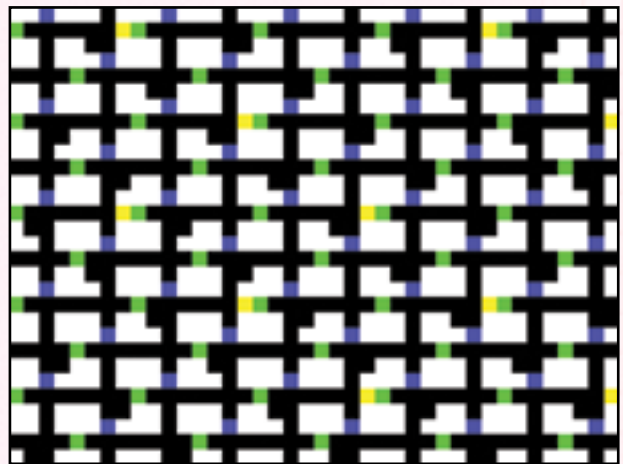
5-vartinen satiini

5-vartinen sidottu
satiini

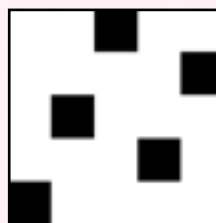
palttina (joka 4.
loimi)



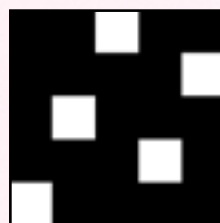
sidospisteet 2.kude



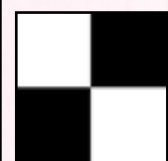
1. kude



2. kude



3. kude



TEENAGE HIDE

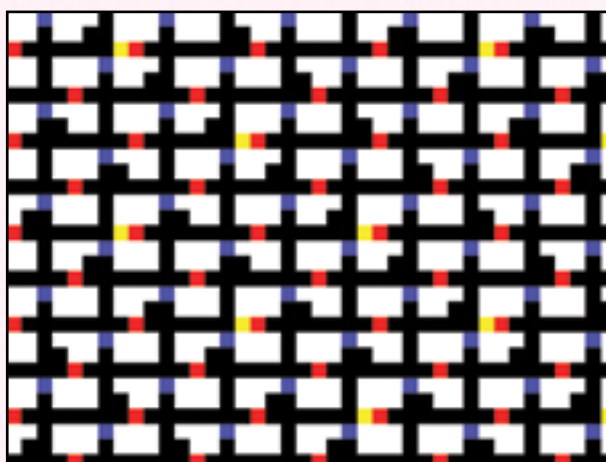


ontelo, jossa:

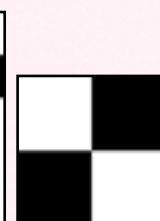
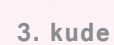
5-vartinen sidottu satiini

5-vartinen satiini

palttina (joka 4.loimi)



1. kude

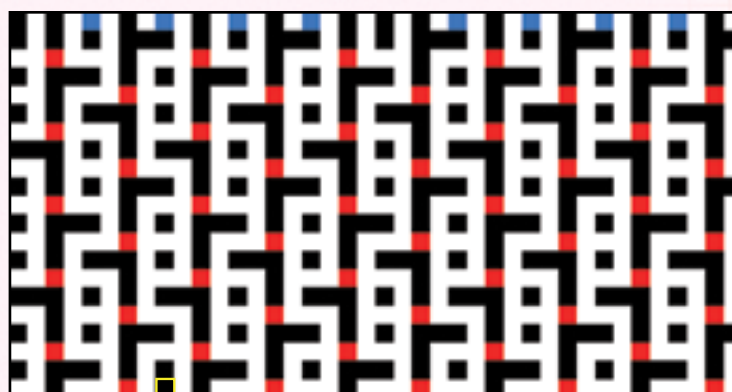


ontelo, jossa:

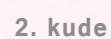
palttina (joka 4. loimi)

4-vartinen satiini

5-vartinen sidos (joka 4. loimi)



1. kude





MAIJA JÄRVINIEMI 2015